

Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja • Energia • 2021:47

# Sektori-integraatiotyöryhmän loppuraportti



Työ- ja elinkeinoministeriö  
Arbets- och näringsministeriet

Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 2021:47

# Sektori-integraatiotyöryhmän loppuraportti

Työ- ja elinkeinoministeriö Helsinki 2021

**Julkaisujen jakelu**

Distribution av publikationer

**Valtioneuvoston  
julkaisuarkisto Valto**

Publikations-  
arkivet Valto

[julkaisut.valtioneuvosto.fi](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi)

**Julkaisumyynti**

Beställningar av publikationer

**Valtioneuvoston  
verkkokirjakauppa**

Statsrådets  
nätbokhandel

[vnjulkaisumyynti.fi](https://vnjulkaisumyynti.fi)

Työ- ja elinkeinoministeriö

© 2021 tekijät ja työ- ja elinkeinoministeriö

ISBN pdf: 978-952-327-697-0

ISSN pdf: 1797-3562

Taitto: Valtioneuvoston hallintoyksikkö, Julkaisutuotanto

Helsinki 2021

## Sektori-integraatiotyöryhmän loppuraportti

Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisu 2021:47		Teema	Energia
Julkaisija	Työ- ja elinkeinoministeriö		
Tekijä/t Toimittaja/t Yhteisötekijä			
Kieli	suomi	Sivumäärä	49
<b>Tiivistelmä</b>			
<p>Työ- ja elinkeinoministeriö asetti kesällä 2020 työryhmän etsimään keinoja energia-alan sektori-integraation edistämiseksi. Työryhmä selvitti mahdollisuuksia ja haasteita sektori-integraatiolle sekä toimenpidevaihtoehtoja sektori-integraation edistämiseksi. Työryhmä arvioi myös mahdollisuudet edistää vetytaloutta ja sähköstä tuotteiksi -ratkaisuja (ns. Power-to-X, P2X). Työryhmä otti työssään huomioon sektori-integraation ja vetytalouden kehityksen EU:ssa. Työryhmä hyödynsi työssään vähähiilitiekarttojen tuloksia.</p> <p>Työryhmän tulokset on tiivistetty toimenpide-ehdotuksiin. Toimenpide-ehdotuksia toteuttamalla ja seuraamalla voidaan edistää sektori-integraatiota konkreettisesti käytännön tasolla. Toimintaympäristöön liittyvät linjaukset sisältävät sektori-integraatioon horisontaalisesti liittyviä kokonaisuuksia. Toimintaympäristöön liittyvät asiat muovaavat merkittävästi sektori-integraation toteutumismahdollisuuksia.</p>			
Asiasanat	energia, kilpailukyky, ilmasto, vety		
ISBN PDF ISBN painettu Asianumero	978-952-327-697-0	ISSN PDF ISSN painettu Hankenumero	1797-3562
Julkaisun osoite	<a href="http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-697-0">http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-697-0</a>		

## Slutrapport från arbetsgruppen för sektorsintegration

Arbets- och näringsministeriets publikationer 2021:47		Tema	Energi
Utgivare	Arbets- och näringsministeriet		
Författare			
Redigerare			
Utarbetad av			
Språk	finska	Sidantal	49
<b>Referat</b>			
<p>Arbets- och näringsministeriet tillsatte en arbetsgrupp sommaren 2020 för att undersöka hur sektorsintegrationen inom energisektorn kan främjas. Arbetsgruppen utredde vilka möjligheter och utmaningar sektorsintegrationen har, och hurdana alternativ för åtgärder det finns för att främja den. Arbetsgruppen bedömde också möjligheterna att främja väteekonomin och så kallade från el till produkt-tillämpningar (Power-to-X, P2X). I undersökningen beaktades utvecklingen av sektorsintegrationen och väteekonomin i EU och utnyttjades resultat av färdplaner för ett koldioxidsnålt samhälle.</p> <p>Arbetsgruppens resultat har sammanfattats i förslag till åtgärder. Genom att genomföra och följa åtgärdsförslagen kan man konkret främja sektorsintegrationen i praktiken. De riktlinjer som gäller verksamhetsmiljön innehåller helheter som hänför sig horisontellt till sektorsintegrationen. Verksamhetsmiljön påverkar i betydande grad möjligheterna att genomföra sektorsintegration.</p>			
Nyckelord	energi, konkurrenskraft, klimat, väte		
ISBN PDF	978-952-327-697-0	ISSN PDF	1797-3562
ISBN tryckt		ISSN tryckt	
Ärendenummer		Projektnummer	
URN-adress	<a href="http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-697-0">http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-697-0</a>		

## Final report of the working group on sector integration

<b>Publications of the Ministry of Economic Affairs and Employment 2021:47</b>		<b>Subject</b>	Energy
<b>Publisher</b>	Ministry of Economic Affairs and Employment of Finland		
<b>Author(s)</b> <b>Editor(s)</b> <b>Group author</b>			
<b>Language</b>	Finnish	<b>Pages</b>	49
<b>Abstract</b>			
<p>In summer 2020, the Ministry of Economic Affairs and Employment appointed a working group to examine ways to promote the sector integration. The working group studied the opportunities and challenges related to sector integration and alternative measures to promote the integration. It was also tasked with assessing the possibilities to promote the hydrogen economy and Power-to-X solutions. In its work, the group took into account the development of sector integration and the hydrogen economy in the EU. Use was also made of the results of the low-carbon roadmaps.</p> <p>The results of the working group have been summed up as proposals for measures. Implementing these measures and monitoring their results will make it possible to promote sectoral integration on the concrete, practical level. The policy outlines concerning the operating environment contain packages that are horizontally linked to sectoral integration. The possibilities to implement sectoral integration depend a great deal on matters related to the operating environment.</p>			
<b>Keywords</b>	energy, competitiveness, climate, hydrogen		
<b>ISBN PDF</b> <b>ISBN printed</b> <b>Reference number</b>	978-952-327-697-0	<b>ISSN PDF</b> <b>ISSN printed</b> <b>Project number</b>	1797-3562
<b>URN address</b>	<a href="http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-697-0">http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-697-0</a>		

# Sisältö

<b>1</b>	<b>Yhteenvedo ja työryhmän ehdotukset .....</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Johdanto .....</b>	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>Energiajärjestelmän tulevaisuus ja tärkeimmät muutospolut.....</b>	<b>10</b>
<b>4</b>	<b>Työryhmän ehdotukset.....</b>	<b>13</b>
4.1	Visio ja periaatteet.....	13
4.2	Toimenpide-ehdotukset.....	13
4.3	Toimintaympäristöön liittyvät linjaukset.....	19
4.4	Toteutuksen seuranta.....	25
<b>5</b>	<b>Analyysi tärkeimmistä asiaan liittyvistä kokonaisuuksista .....</b>	<b>26</b>
5.1	Sähkön merkityksen kasvu energiajärjestelmässä.....	26
5.1.1	Sähköistyminen teollisuudessa.....	26
5.1.2	Sähköistyminen rakennusten lämmityksessä .....	27
5.1.3	Sähköistyminen liikenteessä.....	27
5.1.4	Sähköjärjestelmän joustavuus.....	28
5.1.5	Päästöttömän sähköntuotannon, sähkönsiirron ja -käytön alueelliset kysymykset .....	29
5.2	Sektori-integraation edistäminen lämmitysmarkkinoilla .....	30
5.2.1	Vähähiilinen ja integroitunut lämpöjärjestelmä .....	30
5.2.2	Kaukolämpömarkkinan haasteet ja kehittämistarpeet.....	30
5.2.3	Kaukolämpöasiakkaiden mitoituslämpötilan laskeminen .....	31
5.2.4	Hukkalämpöjen hyödyntäminen .....	32
5.3	Vedyn tuotanto, siirto ja käyttö .....	32
5.3.1	Vedyn tuotannon ja käytön yleiskuva .....	33
5.3.2	Vedyn tuotanto vähäpäästöisestä sähköstä.....	33
5.3.3	Vedynsiirto .....	34
5.3.4	Vetyyn liittyvä EU-politiikka.....	35
5.3.5	Hiilen hinnanosopimus (Carbon Contract for Difference, CCfD).....	36
	<b>Liitteet .....</b>	<b>37</b>
	Liite 1. Sektori-integraation määrittelyä ja taustaa .....	37
	Liite 2. Keskeisimmät näköpiirissä olevat lainsäädäntöhankkeet.....	39
	Liite 3. Eräiden hankkeiden ja selvitysten liittyminen sektori-integraatioon.....	41
	Liite 4. Kuvaus sektori-integraatiotyöryhmästä .....	44

# 1 Yhteenveto ja työryhmän ehdotukset

Työ- ja elinkeinoministeriö asetti kesällä 2020 työryhmän etsimään keinoja energia-alan sektori-integraation edistämiseksi. Työryhmä selvitti mahdollisuuksia ja haasteita sektori-integraatiolle sekä toimenpidevaihtoehtoja sektori-integraation edistämiseksi. Työryhmä arvioi myös mahdollisuudet edistää vetytaloutta ja sähköstä tuotteiksi -ratkaisuja (ns. Power-to-X, P2X). Työryhmä otti työssään huomioon sektori-integraation ja vetytalouden kehityksen EU:ssa. Työryhmä hyödynsi työssään vähähiilitiekarttojen tuloksia.

Sektori-integraatio kuvaa lisääntyvän päästöttömän energiantuotannon mahdollistamaa ja edellyttämää kehitystä, missä energiaa siirretään, käytetään ja muunnetaan toiseksi uudella tavalla. Uudet teknologiat, kuten energiatehokkaat lämpöpumput, digitalisaatio ja vety edistävät sektori-integraatiota. EU:n komissio julkaisi energiajärjestelmän integrointi-strategian heinäkuussa 2020. Lainsäädäntöehdotuksia on odotettavissa kesällä 2021.

Sektori-integraation edistäminen perustuu yhteistyöhön, jolla mahdollistetaan uusien, usein sähköistymiseen perustuvien ratkaisujen käyttöönotto. Päästöjen ja kilpailukyvyyn kannalta oleellista on hyödyntää sektori-integraatiota lämmityksessä, teollisuudessa ja liikenteessä. Mahdollistava ja johdonmukainen sääntely on tärkeää sektori-integraation käytännön toteuttamiselle.

Työryhmän tulokset on tiivistetty toimenpide-ehdotuksiin. Toimenpide-ehdotuksia toteuttamalla ja seuraamalla voidaan edistää sektori-integraatiota konkreettisesti käytännön tasolla. Toimintaympäristöön liittyvät linjaukset sisältävät sektori-integraatioon horisontaalisesti liittyviä kokonaisuuksia. Toimintaympäristöön liittyvät asiat muovaavat merkittävästi sektori-integraation toteutumismahdollisuuksia.

## **Työryhmän toimenpide-ehdotukset:**

- Edistetään uusien ratkaisuiden käyttöönottoa kaukolämpöjärjestelmissä
- Mahdollistetaan vetyratkaisuiden käyttöönotto ja skaalaus
- Edistetään sektori-integraatoratkaisuiden hyödyntämistä rakennuksissa
- Edistetään energiaverkkojen yhteissuunnittelua



**Toimintaympäristöön liittyvät linjaukset:**

- Vaikutetaan sektori-integraatioon ja vetyyn liittyvään toimintaympäristöön EU:ssa
- Puhtaan energiantuotannon potentiaali käyttöön
- Lisätään energiajärjestelmän joustokyvykkyyttä
- Energiaverotus edistämään sektori-integraatiota
- Kiihdytetään uusien teknologioiden kehittämistä ja käyttöönottoa
- Ennakoidaan osaamistarvemuutoksia
- Tuodaan suomalaista osaamista esiin maailmalla ja viestitään kotimaassa

## 2 Johdanto

Sektori-integraatio kuvaa lisääntyvän päästöttömän energiantuotannon mahdollistamaa ja edellyttämää kehitystä, missä energiaa siirretään, käytetään ja muunnetaan toiseksi uudella tavalla. Sektori-integraatio perustuu monipuoliseen päästöttömien energialähteiden, erityisesti päästöttömän sähköntuotannon ja -käytön suhteelliseen kasvuun energiajärjestelmässä.

Tulevaisuudessa sähköjärjestelmä mahdollistaa puhtaan energian käytön koko taloudessa. Kaukolämpöverkko toimii sektori-integraatioalustana. Lisäksi voi syntyä esimerkiksi vety- ja hiilidioksidiverkkoja. Vety ja hiilidioksidin hyödyntäminen mahdollistavat muun muassa teollisuuden päästöjen vähentämisen. Uudet teknologiat, kuten energiatehokkaat lämpöpumput, digitalisaatio ja vety edistävät sektori-integraatiota.

**Kuva 1.** Sektori-integraatio kuvaa kehitystä, missä energiaa siirretään, käytetään ja muunnetaan toiseksi uudella tavalla. (Lähde: työ- ja elinkeinoministeriö)



### 3 Energiajärjestelmän tulevaisuus ja tärkeimmät muutospolut

Sektori-integraatiotyöryhmä on tunnistanut seuraavat keskeiset muutospolkuihin, jotka mahdollisesti vahvistuvat tulevina vuosina. Työryhmän näkökulmasta kaikkia mainittuja muutospolkuja tulisi politiikkatoimin pyrkiä vahvistamaan. Muutospolkuihin liittyvien teknologioiden kehittämistä ja käyttöönottoa tulisi edistää.

#### 1. Päästötön sähköntuotanto lisääntyy

Sähköntuotanto perustuu Suomessa pääosin päästöttömiin energiamuotoihin ja kehitys jatkuu uusien investointien myötä. Suomen Tuulivoimayhdistyksen arvion mukaan Suomessa on mahdollisuus tuottaa tuulivoimaa ainakin 30 TWh vuonna 2030. Vuonna 2020 tuulivoimaa tuotettiin noin 7 TWh. Aurinkosähkön tuotanto lisääntyy Suomessa, tulevaisuudessa käyttöön otettaneen aurinkovoimalaitoksia kiinteistöihin integroitujen ratkaisuiden lisäksi. Ydinvoiman tuotanto lisääntyy OL3-ydinvoimayksikön käyttöönoton myötä. Fennovoima suunnittelee ydinvoimalaitosta Pyhäjoen Hanhikivelle. Ydinvoima-ala kehittää tällä hetkellä pieniä modulaarisia reaktoreita (SMR) sähkön ja lämmön tuotantoon. Puupolttoaineilla korvataan fossiilisia polttoaineita sähkön ja lämmön tuotannossa.

Päästöttömän sähköntuotannon yleistymisen edellyttää vahvistuvia sähkönsiirtoyhteyksiä sekä mahdollisesti vedynsiirtoa. Päästöttömän sähköntuotannon lisääntyminen syrjäyttää markkinoilta lauhdetuotantoa ja sähkön- ja lämmön yhteistuotantoa, jolloin energiajärjestelmän toimitusvarmuus edellyttää sektori-integraatiota sekä sen mahdollistamia joustoja muun muassa kulutuksessa.

#### 2. Energiankulutus sähköistyy

Lisääntyvä sähkönkäyttö on päästöjä vähentävä ratkaisu useilla energiankäytön sektoreilla, kuten liikenteessä, teollisuudessa ja lämmityksessä. Teollisuudenprosesseissa fossiilisia poltto- ja raaka-aineita korvataan sähköä käyttävillä ratkaisuilla tai vedyllä, jota voidaan tuottaa sähköllä. Lämmityksessä sähkön rooli kasvaa muun muassa hukkalämpöjen ja lämpöpumppujen lisääntyessä. Kokonaisuutena sähkön osuus energian loppukäytöstä kasvaa. Energian kokonaiskäytön määrää hillitsee energiankäytön tehostuminen.

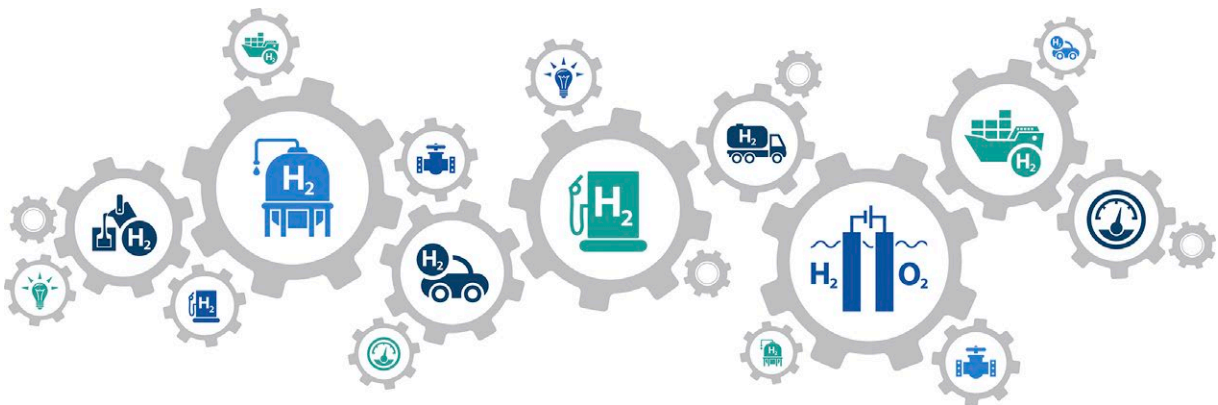
### 3. Lämmitys puhdistuu

Uusien teknologioiden, digitalisaation ja lämpöpumppujen tehokkuuden kehittyminen mahdollistaa vähäpäästöisen, sähköistyvän lämmityksen. Suomessa kaukolämpöverkot toimivat sektori-integraatiota edistävinä alustoina edistämällä esimerkiksi geolämmön, datakeskusten ja teollisuuden hukkalämpöjen sekä rakennusten sisäisten hukkalämpöjen hyödyntämistä. Kiinteistökohtaiset älyratkaisut mahdollistavat vastaavan tyyppisen kehityksen erillislämmitetyissä kohteissa.

#### 4. Vetyratkaisut kehittyvät

Sähköstä ja vedestä voidaan valmistaa vetyä. Sähköstä, vedestä ja hiilidioksidista voidaan valmistaa esimerkiksi sähköpolttoaineita. Vetyä käytetään tulevaisuudessa korvaamaan fossiilisia poltto- ja raaka-aineita muun muassa teollisuuden prosesseissa ja liikenteen polttoaineiden raaka-aineena. Vety mahdollistaa päästöjen vähentämistä kohteissa, joissa suora sähköistyminen ei ole mahdollista. Vetyratkaisuja voidaan hyödyntää myös energiajärjestelmän joustavuuden varmistamisessa. Vetyä voidaan tulevaisuudessa siirtää maakaasun tapaan kaasuna tai nestemäisinä sähköpolttoaineina. Vetyratkaisuja kehitetään eri puolella Suomea, esimerkiksi Kaakkois- ja Etelä-Suomessa, Satakunnassa ja Perämeren rannikolla.

Vedyn tekeminen vedellä ja sähköllä on vielä kallista verrattuna sen tekemiseen maakaasusta höyryreformilla ja päästämällä CO<sub>2</sub> ilmaan. Vaikka sähkö olisi päästötöntä, sen energiasta häviää osa vedynvalmistuksessa ja lisää energiahäviöitä tulee valmistettaessa sähköpolttoaineita. Kustannusten tulee tulla alas ja prosessien hyötysuhteiden on parannuttava, jotta vetyratkaisut yleistyvät. On voitava valita kustannustehokkain, päästötön keino siirtää tai varastoida energiaa – joskus se on vety, joskus joku muu, esimerkiksi suora sähkönkäyttö.



## 5. Energiajärjestelmän joustavuutta kehitetään uusin keinoin

Sääriippuvaisen uusiutuvan energian tuotannon lisääntyminen järjestelmässä edellyttää joustavuuden kehittämistä uusin keinoin. Sähkön käyttäjille kyky joustaa ja hyödyntää joustoa joko energiankäytön tai varastojen kautta on puhtaassa hiilineutraalissa energiajärjestelmässä oleellinen osa järjestelmän toimivuutta ja kustannustehokkuutta. Markkinoita ja teknologioita kehittämällä otetaan käyttöön uusien ratkaisujen joustokykyjä, mikä perustuu eri osapuolten hyötymiseen tuottamastaan joustosta markkinaehtoiseen hinnoitteluun perustuen. Eräiden teollisuusprosessien kilpailukyky voi edellyttää käyttötuntien mahdollisimman suurta määrää ilman merkittävää joustoa.

## 6. Uudet liiketoimintamallit ja palvelut kehittyvät

Muuttuvat tarpeet ja teknologioiden kehittyminen mahdollistavat uusien energiajärjestelmän murrosta edistävien palvelumallien kehittymisen. Esimerkiksi älykkäisiin energiaratkaisuihin, digitalisaatioon ja joustoihin liittyviä palvelu- ja toimintamalleja kehittyi. Eri vaihtoehtojen välinen kilpailu monipuolistaa vaihtoehtoja eri tahojen kannalta.

## 7. Kasvihuonekaasut – ongelmasta hyödyksi tai varastoon

Kasvihuonekaasupäästöjen, lähinnä hiilidioksidin talteenotto, käyttö ja varastointi yleistyvät. Näköpiirissä on sekä teollisia ratkaisuja että biomassan jalostamiseen liittyviä ratkaisuja, joiden avulla nykyisin vapautuvaa hiiltä käytetään tuotteiden valmistukseen, varastoidaan pysyvästi geologisesti tai varastoidaan maaperään. Suomessa on suunnitteilla hiilidioksidin talteenottoa ja käyttöä liittyen esimerkiksi sähköpolttoaineiden valmistukseen. Hiilidioksidin talteenotto, käyttö ja varastointi sekä fossiilisista että biogeenisistä lähteistä on oleellinen osa sektori-integraatiota.



## 4 Työryhmän ehdotukset

### 4.1 Visio ja periaatteet

Sektori-integraatiota hyödyntävä energiajärjestelmä on kustannustehokas, toimintavarma ja vähähiilisyttä koko yhteiskunnassa edistävä alusta. Sektori-integraatio edistää kilpailukykyä ja investointien sijoittumista Suomeen.

Sektori-integraatio perustuu monipuoliseen päästöttömien energialähteiden, erityisesti päästöttömän sähköntuotannon ja -käytön suhteelliseen kasvuun energiajärjestelmässä. Sektori-integraatiota edistää kaikkien päästöttömien energiantuotantomuotojen mahdollistaminen, vahvat, luotettavat ja optimoidut energiaverkot sekä kansalaisten ja yritysten mahdollisuudet toimia aktiivisesti markkinoilla eri ratkaisuja hyödyntäen ja yhdistellen.

### 4.2 Toimenpide-ehdotukset

#### 1. Edistetään uusien ratkaisuiden käyttöönottoa kaukolämpöjärjestelmissä

Kaukolämpöverkot toimivat sektori-integraatiota edistävinä alustoina hyödyntämällä tulevaisuudessa yhä enemmän hukkalämpöjen talteenottoa ja ympäristön lämpöjen hyödyntämistä sekä mahdollistamalla rakennusten integroituja lämmitysratkaisuja. Uudet ratkaisut saadaan tehokkaimmin käyttöön ja optimoitua järjestelmässä, jossa kaukolämmön tyypilliset ja maksimilämpötilatasot ovat nykyistä alempia.

Muutos alkaa kaukolämpöasiakkaiden omistamien lämmönjakokeskusten mitoitustilapötilojen muuttamisesta sellaisiksi, että rakennukset pystyvät hyödyntämään myös matalamman lämpöistä kaukolämpövettä. Siirtymä toteutetaan siten, että muutos ei heikennä asiakkaan hankkiman lämmön laatua eikä heikennä kaukolämmön kustannustehokkuutta

asiakkaan näkökulmasta. Uudet lämpötilatasot mahdollistuvat, kun asiakkailta on valmius vastaanottaa matalamman lämpötilatason kaukolämpöä.

Uudet tulevaisuuden toimintalämpötilat voidaan ottaa huomioon johtojen mitoituksessa kaukolämpöverkkojen peruskorjauksen ja uudisrakentamisen yhteydessä. Saman energiamäärän toimittamiseksi tulee matalammalla lämpötilatasolla toimittaa merkittävästi suurempi määrä matalalämpötilaista kaukolämpöä. Tulevaisuudessa pumppausta ei tulisi minimoida nykyiseen tapaan korkeilla lämpötiloilla. Tämä muutos tuo haasteen verkon suunnittelulle, mitoitukselle ja pumppauksen sähkönkäytölle. Muutoksessa tulee huomioida paikalliset olosuhteet.

#### Toimenpide-ehdotukset:

- Muodostetaan aikataulutettu polku kaukolämpöverkkojen lämpötilan alentamiseksi yhteistyössä tuottajien ja käyttäjien kanssa
- Edistetään investointeja kaukolämpöverkoissa, joilla mahdollistetaan lämpötilojen lasku olemassa olevissa kaukolämpöverkossa
- Edistetään matalan lämpötilan verkkojen ja niihin liittyvien päästöttömien energiaratkaisujen hyödyntämistä uusilla alueilla
- Selvitetään vaihtoehtoja ja toimintatapoja, joilla eri lämmönlähteiden kaukolämpöverkkoon pääsyä voidaan edistää
- Selvitetään matalan kaukolämpöveden lämpötilan ja energiankäytön joustavuuden mahdollistavia ratkaisuja rakennuskannassa.

*Vastuutahot:* Energiateollisuus, energiateknologia- ja kiinteistöalan organisaatiot, yritykset, TEM, YM, Motiva



## 2. Mahdollistetaan vetyratkaisuiden käyttöönotto ja skaalaus

Sektori-integraation tulevaisuuden mahdollistajana teollisuudessa, liikenteessä ja energiajärjestelmissä on elektrolyysillä toteutettu vedyn tuotanto. Vety yhdistää niin sähkö-, kaasu-, lämpö- kuin liikennejärjestelmätkin ja mahdollistaa monien sektoreiden muuttamisen vähähiiliseksi. Teknologia on sinällään olemassa, mutta teollisen mittakaavan saavuttamiseksi tärkeät suuremman kokoluokan hankkeet ovat vasta suunnittelussa. Vedyn tuotantoteknologian kannattavuus on keskeinen haaste, ja uusien teknologioiden kehittämiseen, käyttöönottoon ja skaalaukseen tarvitaan yksityisen rahoituksen lisäksi julkisia kannusteita. Tuotantoteknologiaa ja varastointiratkaisuja kehitettäessä tulee huomioida niiden joustopotentiaalin lisäarvo ja sen hyödyntämiseen liittyvät rajaehdot sekä vetyä tuottavien ja kuluttavien toimijoiden, teknologiatoimittajien että koko energijärjestelmän kannalta.

Vedyn siirto on kustannustehokas vaihtoehto erityisesti siirrettäessä suuria energiamääriä ja pidempiä matkoja. Laaja vedyn siirtoinfrastruktuuri mahdollistaa vedyn hinnanmuodostuksen ja markkinan muodostumista, mikäli useita tuottajia ja kuluttajia liittyy verkkoon. Vedyn siirtoinfrastruktuuri voi myös mahdollistaa vedyn kansainvälisen siirron ja jouston tarjoamisen sähkömarkkinoille.

Suomessa on edellytykset kehittää ja kaupallistaa vetyratkaisuja globaaleille markkinoille. Vetyratkaisuja kehitetään tutkimuslaitoksissa ja yrityksissä. Yritysyhteistyötä koordinoi kansallinen vetyklusteri.

### Toimenpide-ehdotukset, vetyteknologioiden kehittäminen ja käyttöönotto:

- Huomioidaan vety- ja power-to-X-ratkaisut innovaatio- ja demonstraatorahoituksessa
- Hyödynnetään EU-tason ja kansallista rahoitusta ja verkostoja
- Edistetään sähköpolttoaineiden valmistusta ja jakelua Suomessa
- Selvitetään vaihtoehtoja edistää merkittäviä prosessimuutoksia teollisuudessa. Huomioidaan vaihtoehtona muun muassa ns. CCFD ("hiilenhinnanerosopimus"). Selvityksessä huomioidaan eri vaihtoehtojen kustannustehokkuus, markkinahäiriön riski ja soveltuvuus valtioneuvoston päätösten huomioiden.



### **Toimenpide-ehdotukset: Vedynsiirron pilotointi ja osallistuminen aktiivisesti alan sääntöjen ja visioiden laadintaan**

- Edistetään vedynsiirron pilotointia paikallisesti ns. vetylaaksoissa.
- Osallistutaan aktiivisesti vedynsiirtoon liittyvän toimintaympäristön ja käytäntöjen kehittämiseen EU-tasolla sekä kansainvälisten vetyverkkovisioiden kehittämiseen sekä niissä identifioitujen potentiaalien mahdollistamiseen.
- Varmistetaan vedyntuotannon, -siirron, -varastoinnin ja -käytön turvallisuus

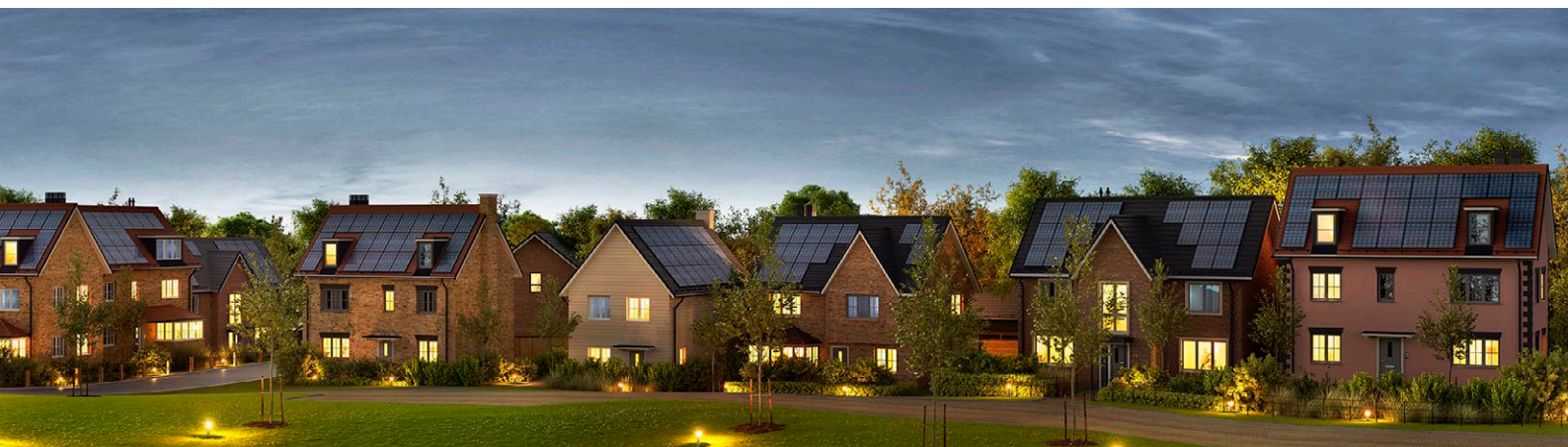
*Vastuutahot:* Kansallinen vetyklusteri, yritykset, Gasgrid Finland, tutkimuslaitokset, toimialajärjestöt, TEM, LVM, BF, EV, Tukes, Traficom

## **3. Edistetään sektori-integraatioratkaisuiden hyödyntämistä rakennuksissa**

Sektori-integraation edistäminen edellyttää rakennusten omistajien ja käyttäjien tarpeiden huomiointia uusien rakennusten suunnitteluvaiheessa ja korjausrakentamisessa. Samoin esimerkiksi kyky tarjota joustoja sähköjärjestelmälle ja mahdollisuudet integroiduille lämmitysratkaisuille tulee huomioida jo suunnitteluvaiheessa. Kyse on toisaalta sääntelyyn ja toisaalta osaamiseen ja yhteistyöhön sekä kannustimiin liittyvistä asioista, joilla mahdollistetaan järkevät investoinnit ja optimoidaan käytettävät ratkaisut. Energiasäätelyn vähähiilisyys alentaa merkittävästi rakennusten hiilijalanjälkeä.

Paikalliset olosuhteet ja niihin sidonnaiset kaavoitus- ja luvituskäytännöt vaihtelevat kunnittain, samalla merkittävä osa vähähiilisyyttä edistävää sääntelyä on valtakunnallista. Kaavoitus sekä kunnallisen viranomaistoiminnan järjestäminen ovat keskeinen osa kunnallista itsehallintoa. Tasapaino kunnallisen itsehallinnon ja paikallisten olosuhteiden huomioon ottaen sekä valtakunnan tason ohjauskeinojen välillä voi vaikuttaa sektori-integraatioon eri puolella Suomea eri tavoin.

Rakennusten mahdollisuudet ja lähtökohdat erilaisille energiaratkaisuille vaihtelevat, ja nämä erot ja lähtökohdat tulee käytännössä huomioida. Uudis- ja korjausrakentamisen



hankesuunnitteluvaiheessa tulee hyödyntää parhaat ratkaisut, jotka mahdollistavat myös sektori-integraation. Säädösten tulee mahdollistaa kiinteistökohtaiset, yhtä rakennusta laajemmat alueelliset tai esimerkiksi korttelikohtaisten hybridijärjestelmien toteutukset, ja kiinteistökohtaisen ja alueellisten ratkaisuiden yhdistelmän. Energiatohokkuuteen, vähähiilisyyteen ja muihin kysymyksiin liittyvä sääntely ei tule muodostua sektori-integraatiota estäväksi tai rajaavaksi tekijäksi.

### Toimenpide-ehdotukset

- Mahdollistetaan rakennusten omistajien ja käyttäjien tarpeet ja paikalliset mahdollisuudet huomioiva sektori-integraatoratkaisujen käyttöönotto.
- Varmistetaan, että rakentamisen energiatohokkuus- ja vähähiilisyysäädökset mahdollistavat uudis- ja korjausrakentamisessa rakennuskohtaiset ja alueelliset ratkaisut, tai näiden yhdistelmän.
- Edistetään rakennusten automaatioon, älykkääseen ohjaukseen ja kulutusjoustoon liittyvien ratkaisuiden käyttöönottoa. Selvitetään rakennuksen älyratkaisuvalmiutta kuvaavan indikaattorin (Smart Readiness Indicator, SRI) hyödyntämistä Suomessa.
- Edistetään asiakkaiden, sidosryhmien ja hallinnon mahdollisuuksia saada tietoa lämmön tuotannosta, palveluvaihtoehtoista ja ympäristövaikutuksista paikallisesti ja valtakunnallisesti.

*Vastuutahot:* YM, TEM, Motiva, kunnalliset viranomaiset, elinkeinoelämän järjestöt, yritykset

## 4. Edistetään energiaverkkojen yhteissuunnittelua

Energiantuotanto ja kulutus harvoin sijaitsevat aivan lähekkäin, ja energian siirtoon tarvitaan riittävää infrastruktuuria. Riittävät ja oikea-aikaiset infrastruktuuri-investoinnit edellyttävät suunnitelmallisuutta ja tietoa tulevista merkittävistä tuotanto- ja käyttöhankkeista etukäteen. Haasteena on myös yhdistää merkittävät investointitarpeet kaikkien markkinaosapuolten kannalta energian kilpailukykyiseen kokonaishintaan. Suunnittelun kannalta haasteen asettaa myös tarve arvioida kustannustehokkaan energijärjestelmän toteutuksen ja käytön edellyttämän jouston määrää ja arvoa.

Valtakunnallisen sähkön- ja maakaasunsiirtoinfrastruktuurin rinnalle voi tulevaisuudessa syntyä vedynsiirtoinfrastruktuuria, joka lisää tarvetta energiansiirtoinfrastruktuurin yhteissuunnittelulle. Paikallisesti yhteissuunnittelua voidaan tehdä huomioiden sähkön- ja kaasunjakeluverkot ja kaukolämpö- ja jäähdytysverkot. Ylätasolla yhteissuunnittelu on jo käynnistetty EU-tasolla ja kansallisesti visioita ja pitkän aikavälin suunnittelua koskevalla yhteistyöllä.

### Toimenpide-ehdotukset:

- Varmistetaan roolitus, selkeät rajapinnat ja riittävän tiedon saatavuus tiiviillä yhteistyöllä. Huolehditaan, että energiaverkkojen väliset vastualueet huomioidaan systemaattisesti sektori-integraatiossa. Tarvittaessa asiaa selvitetään erikseen.
- Edistetään energiajärjestelmien yhteisen suunnittelun ja käytön menetelmiin ja työvälineisiin liittyvää kehitystyötä, edistetään yhteiskäytön edellyttämien markkinaehtoisten palveluiden muodostumista sekä kehitystyössä vaadittavien lähtötietojen saatavuutta
- Edistetään tiedon rajapintojen toimivuutta energiajärjestelmissä jousto-resurssien hyödyntämiseksi ja energiajärjestelmien yhteistoimivuuden varmistamiseksi.
- Huolehditaan, että energian luotettavan toimituksen varmistavien energia-verkkojen kehittämiseen on riittävät mahdollisuudet ja kannusteet

*Vastuutahot:* Erityisesti Fingrid ja Gasgrid Finland, tarvittaessa sähkön- ja kaasunjakelu-yritykset, kaukolämpö- ja kaukojäähdytysyritykset, TEM





## 4.3 Toimintaympäristöön liittyvät linjaukset

### 5. Vaikutetaan sektori-integraatioon ja vetyyn liittyvään toimintaympäristöön EU:ssa

Sektori-integraation näkökulmasta sääntelyllä on merkittävä rooli eri markkinapaikkojen toiminnan takaajana, eri polttoaineiden ja energijakeiden uusiutuvuuden määrittelyssä, sekä integraation mahdollistajana. Uusien sektori-integraatioon perustuvien teollisten arvoketjujen kehittäminen edellyttää kannustavan ja innovaatiomyönteisen toimintaympäristön luomista. Samaan aikaan tulisi välttää mahdolliset negatiiviset kehityskulut, kuten hiilivuoto. Päästökauppa on kustannustehokas tapa vähentää päästöjä, ja päällekkäistä sääntelyä tulisi lähtökohtaisesti välttää.

Merkittäviltä osin sektori-integraation määrittävä sääntely on EU-tasoista. Investointipäätösten toteuttamista vaikeuttaa tällä hetkellä EU:n ilmasto- ja energiapoliitiikan heikko ennustettavuus, sillä komissio on julkistamassa runsaasti uusia lainsäädäntöehdotuksia lähiaikoina. Tämä voi johtaa merkittäviin muutoksiin toimintaympäristössä ja vaikuttaa keskeisesti investointiedellytyksiin. EU-sääntelyn muodostama uhka sektori-integraation edistymiselle liittyy liialliseen yksityiskohtaisuuteen, päällekkäisyyteen ja rajoitteisiin, jotka eivät ota huomioon Suomelle tyypillisiä olosuhteita.

Osittain myös puuttuva lainsäädäntö hidastaa sektori-integraation kehittymistä. EU-lainsäädäntö ei tällä hetkellä täysimääräisesti edistä hiilidioksidin uusia käyttö- ja varastointitapoja ja negatiivisia päästöjä (esim. BECCS). Voimassaolevan uusiutuvan energian direktiivin toimeenpanon keskeneräisyys ja toisaalta jo heinäkuussa 2021 odotettavissa oleva ehdotus direktiivin tarkistamisesta luovat epävarmuutta vetyä ja power-to-X-investointeihin liittyen. Vetyratkaisujen käytännön toteutusmahdollisuudet ja politikkakeinot täsmenntyvät tulevaisuudessa. Sektorilainsäädännön lisäksi kestävään rahoitukseen ja valtiontukiin liittyvä lainsäädäntö vaikuttaa tulevaisuuden toimintaympäristöön.

EU-lainsäädännön sisältö ja johdonmukaisuus jatkossa ovat keskeisessä roolissa investointien mahdollistamiseksi puhtaaseen sähköntuotantoon ja vähähiilisiin teollisuusprosesseihin. Kehityksen tiivis seuranta on erittäin tärkeää Suomelle ja suomalaisille yrityksille. Samalla EU-lainsäädännön muutosten vaikutusten arviointi ja rahoituksen saatavuuteen ja toimintaympäristömuutoksiin vaikuttaminen voi olla myös mahdollisuus tulevaisuuden liiketoiminnalle.

**Linjaukset:**

- Osallistutaan proaktiivisesti EU:n lainsäädäntö- ja tutkimusyhteistyöhön tavoitteena tarkoituksenmukainen sääntely, teknologianeutraalius ja tutkimusrahoituksen ja -verkostojen hyödyntäminen.
- Vedyn valmistuksen edistämistoimia tulee suunnata vedyn valmistukseen päästötöntä sähköä hyödyntäen tai muuten vähäpäästöisellä tavalla. Vähäpäästöisen vedyn valmistusta tulisi mahdollistaa eikä rajata liiaksi, erityisesti kehityksen alkuvaiheessa.
- Sähkölaitteiden tuotantoa tulee edistää mahdollistamalla sähkölaitteiden valmistus vähäpäästöisestä sähköstä ja talteenotetusta hiilidioksidista. Erityisvaatimuksia tuotetulle vähäpäästöiselle sähkölle tulisi asettaa mahdollisimman vähän.
- Päästöjen vähentämiseen hiilidioksidin talteenottoon ja käyttöön liittyen tulee kehittää EU-laajuiset säännöt ja edellytykset
- Negatiiviset päästöt biogeenisten kasvihuonekaasupäästöjen varastoinnille tulee mahdollistaa
- Hiilidioksidipäästöjen talteenottoon, käyttöön ja varastointiin liittyviä ratkaisuja ja päästövähennysmahdollisuuksia, mukaan lukien negatiiviset päästöt, tulee selvittää.

**Huomioitavaa:**

- Valtionhallinnon EU-vaikuttaminen perustuu kannanmuodostukseen valtioneuvostossa ja eduskunnassa. EU-asioissa eduskunnan kanta ilmaistaan yleensä suuressa valiokunnassa.

*Vastuutahot:* Erityisesti ministeriöt ja toimialajärjestöt

## 6. Puhtaan energiantuotannon potentiaali käyttöön

Suomella on merkittävät mahdollisuudet puhtaan energiantuotantoon, jota tulee mahdollistaa. Suomi on perinteisesti ollut energian nettotuojia. Puhtaan energiantuotannon resurssien selvästi kasvava hyödyntäminen voi vähentää energian nettotuontia ja johtaa pidemmällä tähtäimellä energian nettovientiin. Energiatuotteiden kauppataaseeseen vaikuttavat myös kotimainen kulutus ja energian kansainväliset siirtoyhteydet.

#### Linjaukset:

- Varmistetaan puhtaan energiantuotannon, kuten tuulivoiman, laaja hyödyntäminen ja Suomen pysyminen yhtenä sähkön hinta-alueena riittävillä kansallisilla ja kansainvälisillä sähkönsiirtoyhteyksillä ja sujuvilla luvitusprosesseilla
- Kehitetään ydinenergiasäätelyä huomioimaan pienen kokoluokan modulaariset ratkaisut sähkön, lämmön ja yhdistettyyn sähkön ja lämmön tuotantoon (SMR).
- Varmistetaan riittävät lupakäsittelyresurssit ja huomioidaan hallinnossa toimijoiden näkemykset aikataulutarpeista

*Vastuutahot:* Energiayritykset, Fingrid, Gasgrid Finland, TEM, YM

## 7. Lisätään energiajärjestelmän joustokyvykkyyttä

Toimitusvarmuuden kehittäminen energiajärjestelmässä edellyttää uusien joustoratkaisuiden käyttöönottoa. Erityisesti vaihtelevan sähkön tuotannon lisääntyminen edellyttää jouston lisäämistä muualla järjestelmässä. Uusia joustokyvykkyyksiä on luotava sekä kysyntä- että tuotantopuolelle. Joustavuutta lisäävät ratkaisut parantavat järjestelmän toimitusvarmuutta ja kustannustehokkuutta.

Joustavuuspotentialin toteutuminen edellyttää suotuisia toimintaedellytyksiä. Energiajärjestelmän toimijoilla tulee olla riittävät edellytykset ja kannusteet investoida joustokyvykkyyteen ja älykkyyteen, huomioiden esimerkiksi järjestelmän ohjattavuus ja tiedonvaihtoratkaisut.

Sähköllä ja kaasulla on toimivat kansainväliset markkinamekanismit kummankin hyödykkeen arvon määrittelyyn. Sähkön osalta arvo saadaan lähes reaaliaikaisesti ja kaasulla järjestelmän varastointikyvystä johtuen arvon määrittely tapahtuu pääosin päivätasolla. Lämpöjärjestelmän sähköistyminen ja vedyntuotanto tiivistävät lämmitys- ja kaasumarkkinoiden yhteyttä sähköjärjestelmään ja sen joustotarpeisiin.

Vähähiilisyteen siirtyminen muuttaa energiajärjestelmää merkittävästi. Tämä haastaa nykyiset huoltovarmuusjärjestelyt, jotka perustuvat pitkälti fossiilisten polttoaineiden varastoihin. Uudessa järjestelmässä energiantuotanto ja toimitusketjut poikkeavat entisistä. Hallittuun energiajärjestelmämuutokseen sekä olemassa olevien varautumisjärjestelyjen siirtymäaikoihin tulee kiinnittää huomiota. Sektori-integraatiossa oleellista on myös ymmärtää paremmin sektorien ristikkäisvaikutuksia ja täten parantaa riskienhallintaa, ennustettavuutta ja ohjausmahdollisuuksia.

**Linjaukset:**

- Energiajärjestelmän joustojen tarjoaminen ja hyödyntäminen tulee tapahtua markkinaehtoisesti hyötyihin perustuen.
- Edistetään joustokyvykkyyden ja älykkyyden huomiointia energiakatselmuksissa, tutkimus- ja kehityshankkeissa sekä otettaessa käyttöön uusia prosesseja tai uutta teknologiaa
- Edistetään uusien ja hajautettujen järjestelmien älykkyyttä ja joustomahdollisuuksien hyödyntämistä, kuten sähköisen liikenteen kapasiteettia
- Vaihdetaan kokemuksia ja parhaita käytäntöjä sekä kehitetään yhteistoimintaa muun muassa älyverkkofoorumin yhteydessä.
- Turvataan huoltovarmuus analysoimalla tulevaisuuden varastointi- ja yhteistyötarpeet verrattuna nykypäivään ja panostamalla kyberturvallisuusosaamiseen

*Vastuutahot:* Fingrid, TEM, EV, HVK, LVM

## 8. Energiaverotus edistämään sektori-integraatiota

Verotus on keskeisessä roolissa sektori-integraation mahdollistajana. Verotus voi mahdollistaa tai estää joidenkin ratkaisujen kannattavuuden. Verotuksen rakenne on rakennettu ennakoitavaksi, mutta verotasot ovat poliittisia kysymyksiä. Verotusojen ennakoitavuus edesauttaisi sähköistymistä ja investointeja.

Sektori-integraation uudet sovellukset, kuten esimerkiksi vedyn ja muiden power-to-X-ratkaisuiden verotus on toistaiseksi avoinna ja keskustelun kohteena. Verotuksen osalta hallitus on linjannut teollisuuden sähköistymisen edistämistä alentamalla sähköveroa EU:n sallimalle vähimmäistasolle. Tämä voi mahdollistaa monien teollisten sähköistymiseen perustuvien sektori-integraatioratkaisujen, kuten elektrolyysilaitosten kannattavuuden.

Uudenlaisiin energiamuunnoksiin perustuvien sektori-integraatioratkaisujen verotus vasta energiankäyttövaiheessa olisi todennäköisesti toimivin ratkaisu. Esimerkiksi vedyn arvoketju voi olla hyvin monimuotoinen tuotannosta käyttöön. Näin välttyään moninkertaiselta energiaverotukselta ja mahdollistettaisiin eri vaihtoehtojen tasapuolinen kilpailu.

**Linjaukset:**

- Toteutetaan kaukolämmön sähköistymistä ja datakeskusten hukkalämmön hyödyntämistä pitkäjänteisesti edistävä sähköveroratkaisu

- Selkeytetään energiaverotusta ja verotason näkymiä vedyn ja Power-to-X-polttoaineiden osalta kansallisesti viimeistään 1.1.2023 mennessä ja myöhemmin EU-tason kehitys huomioiden.
- Energian muuntaminen, siirtäminen tai varastointi ei tule aiheuttaa moninkertaista verotusta.

**Huomioitavaa:**

- Toimenpiteitä toteutetaan valtiontalouden kehysten puitteissa. Rahoitusta vaativista toimenpiteistä päätetään budjetin ja valtiontalouden kehysten yhteydessä.

*Vastuutahot:* VM, TEM

## 9. Kiihdytetään uusien teknologioiden kehittämistä ja käyttöönottoa

Suomessa on kohtuullisesti saatavilla rahoitusta tutkimukselle, kehitykselle ja kaupalliselle toiminnalle. Riskien jakoa tarvitaan julkisen ja yksityisen sektorin yhteistyönä uusien merkittävän kokoluokan vähähiiliratkaisuiden käyttöönoton edistämiseksi. Erityisesti järjestelmätason suurempien ratkaisujen kehittäminen ja demonstroiminen on ollut toistaiseksi haastavaa. Suomessa on esimerkiksi vetyyn, power-to-X-ratkaisuihin ja eri sektoreiden rajapinnoilla toteutettaviin digitalisaatoratkaisuihin liittyvää osaamista. EU-rahoitus täydentää merkittävästi kansallisia rahoitusvälineitä.

**Linjaukset:**

- Hyödynnetään EU:n elpymis- ja palautumismekanismin rahoitusta sektori-integraatioon liittyvissä hankkeissa.
- Edistetään EU-rahoituksen hyödyntämistä tutkimus- ja innovaatiohankkeissa (mm. Innovaatorahasto, Horisontti Eurooppa)
- Huomioidaan joustavuus ja älykkyys julkisissa rahoitusinstrumenteissa ja investointituissa

**Huomioitavaa:**

- Toimenpiteitä toteutetaan valtiontalouden kehysten puitteissa. Rahoitusta vaativista toimenpiteistä päätetään budjetin ja valtiontalouden kehysten yhteydessä.

*Vastuutahot:* TEM, YM, BF



## 10. Ennakoidaan osaamistarvemuutoksia

Osaamisen kehittäminen on sektori-integraation edistämiseksi haaste. Sektori-integraatio edellyttää eri alojen osaamisen entistä tiiviimpää yhteistyötä ja toisaalta integraation teknisen toteuttamisen

osaamista. Osaamistarpeita tulisi mahdollisesti selvittää myöhemmin. Lyhyellä tähtäimellä yritysälhtöisiin täydennys- ja lisäkoulutustarpeisiin vastaaminen on tärkeää.

### Linjaus:

- Sektori-integraatioon liittyviä osaamistarvemuutoksia ennakoidaan. Varmistetaan riittävä integroitujen ratkaisujen suunnittelu- ja hankintaosaaminen.

*Vastuutahot:* Toimialaliitot, yritykset, valtionhallinnon toimijat

## 11. Tuodaan suomalaista osaamista esiin maailmalla ja viestitään kotimaassa

Esimerkiksi suomalaisen kehitystyön ja ratkaisuiden kansainvälistäminen, investointien edistäminen ja osaajien houkuttelu edellyttävät aktiivisuutta kansainvälisesti ja kansallisesti.

### Linjaukset:

- Kirkastetaan Suomen globaalit vahvuudet sektori-integraatioon liittyvien investointien ja teknologiaosaamisen kannalta ja viestitään näistä kansainvälisillä foorumeilla.
- Sektori-integraation huomioivaa viestintää toteutetaan muun muassa osana energianeuvontaa. Tuotetaan soveltuvaa viestintämateriaalia ammattilaisille ja kansalaisille tehtävään viestintään.
- Kehitetään neuvontaa, viestintää ja yhteistyötä liittyen muun muassa uusien energiateknologioiden ja -järjestelmien käyttöönottoon liittyen.

*Vastuutahot:* TEM, BF, EV, Motiva, yritykset ja järjestöt

## 4.4 Toteutuksen seuranta

Sektori-integraatiotyöryhmän ehdotuksia hyödynnetään ilmasto- ja energiastrategian valmistelussa. Työtä hyödynnetään EU-linjausten valmistelussa.

Sektori-integraatiotyöryhmän ehdotusten ja linjausten seuranta toteutetaan vuoden 2022 loppuun asti. Tarvittaessa seurantaa voidaan jatkaa tämän jälkeen. Seurantakokouksiin kutsutaan valmisteluun osallistuneet organisaatiot ja sidosryhmät. Seurantaan voi kuulua laajempia tilaisuuksia, kuten webinaareja tai seminaareja.

## 5 Analyysi tärkeimmistä asiaan liittyvistä kokonaisuuksista

Analyysi on laadittu perustuen työryhmän jäsenten ja asiantuntijasihteerin, työhön osallistuneiden sidosryhmien edustajien ja työ- ja elinkeinoministeriön asiantuntijoiden asiantuntemukseen perustuen. Tausta-aineistona on hyödynnetty tilastokeskuksen, energia-teollisuuden ja Motivan energiajärjestelmää koskevia tilastoja ja aineistoja sekä liitteissä listattuja selvityksiä, vähähiilitiekarttoja, HIIHI-hankkeen tietoja, valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan (VN TEAS) selvityksiä, Business Finlandin selvityksiä ja tietoja sekä IEA:n internetsivuja.

### 5.1 Sähkön merkityksen kasvu energiajärjestelmässä

Päästötön ja kustannustehokas sähköntuotanto mahdollistaa päästöjen vähentämisen lisäämällä sähkön käytön osuutta energian loppukäytöstä. Kansainvälinen energiajärjestö IEA:n tietojen mukaan sähkön osuus energian loppukäytöstä on ollut 2000-luvulla kasvussa, mutta on edelleen alle 20 %. Globaali hiilineutraali energiajärjestelmä on järjestön skenaarioiden mukaan mahdollinen, kun sähkön osuus energiankulutuksesta nousee lähelle 50 %:ia. Saman tyyppistä kehityskulkua Suomessa on ennakoitu esimerkiksi vähähiilitiekartoissa. Lisääntyvällä sähkön käytöllä voidaan vähentää fossiilisten polttoaineiden käyttöä teollisuudessa, liikenteessä ja rakennusten lämmityksessä, jotka ovat merkittävimmät energiankäyttösektorit Suomessa.

#### 5.1.1 Sähköistyminen teollisuudessa

Teollisuus käyttää energiasta Suomessa noin 45 % (loppukäyttö). Teollisuuden prosessien, kuten kuivaus-, lämmitys- ja haihdutusprosessien, höyryntuotannon sekä teollisuuden uunien energiankäyttöä voidaan sähköistää osittain tai kokonaan, joka vähentää fossiilisten polttoaineiden käyttöä. Teollisuudessa sähköä käytetään lähinnä erilaisiin lämmitys- ja kuumennusprosesseihin.

Tekniset ratkaisut liittyvät niin sanottuun suoraan sähköistykseen tai epäsuoraan sähköistykseen. Suora sähköistäminen tarkoittaa sähkön hyödyntämistä teollisuusprosessissa esimerkiksi sähkövastuksia, sähkökattiloiden ja lämpöpumppujen avulla. Epäsuora

sähköistyminen tarkoittaa sähköllä valmistetun raaka- tai polttoaineen hyödyntämistä, kuten vety tai sähköpolttoaineet.

### 5.1.2 Sähköistyminen rakennusten lämmityksessä

Rakennusten, ja laajemmin rakennetun ympäristön hiilijalanjälki muodostuu Suomessa pääosin energiankäytöstä. Rakennusten lämmitys käyttää energiasta Suomessa noin 26 % (loppukäyttö), josta pääosa kulutetaan asuinrakennuksissa. Rakennuksissa energiaa käytetään muun muassa lämmitykseen, lämpimän käyttöveden tuotantoon ja käyttösähköön.

Lämpöpumppuja voidaan pitää esimerkkinä sektori-integraatiosta ja sähköistymisestä. Lämpöpumpputeknologiaan perustuva lämmitys on kasvanut merkittävästi. Tämä näkyy asumisen energiatilastossa sekä lämpöpumppuenergian että lämpöpumppujen sähkönkäytön kasvuna. Lämpöpumppuja voidaan hyödyntää myös kaukolämmön ja -jäähdytyksen tuotantoon. Lämpöpumput mahdollistavat muun muassa ylijäämälämmön ja geolämmön hyödyntämisen. Lämpöpumput mahdollistavat fossiilisten polttoaineiden käytön vähentämisen sekä toisaalta suoraa sähkölämmitystä tai sähkökattiloita energiatehokkaamman lämmöntuotannon.

Lämpöpumput yleistyvät tulevaisuudessa sekä erillislämmityksessä että kaukolämmön tuotannossa. Lämmönlähteenä voidaan käyttää esimerkiksi ylijäämälämpöä, maata (maalämpö), ilmaa (ilma-ilma- tai ilma-vesilämpöpumppu).

### 5.1.3 Sähköistyminen liikenteessä

Fossiilittoman liikenteen tiekartta eli valtioneuvoston periaatepäätös kotimaan liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisestä ja muut liikenteen ilmastotavoitteisiin liittyvät toimenpiteet edistävät liikenteen sähköistymistä ja fossiilisten polttoaineiden korvaamista muilla vaihtoehtoisilla käyttövoimilla.

Sähköautoilu yleistyy tällä hetkellä nopeasti. Autoalan tiedotuskeskuksen tilastojen mukaan viisi vuotta sitten (huhtikuu 2016) ladattavien hybridien, täyssähköautojen ja kaasautojen osuus ensirekisteröidyistä henkilöautoista oli yhteensä noin 1 %. Traficomien tietojen mukaan tammi-toukokuussa 2021 ensirekisteröidyistä henkilöautoista vaihtoehtoisilla käyttövoimilla (sähkö, ladattavat hybridit ja kaasu) toimivien osuus oli noin 29,0 %. Sähköautojen määrän kasvu lisää kiinnostusta hyödyntää ajoneuvojen latausta joustomahdollisuutena.

Raskaassa liikenteessä, vesiliikenteessä ja lentoliikenteessä liikenteen sähköistyminen etenee henkilöautoliikennettä hitaammin muun muassa teknisistä rajoitteista johtuen. Raskaassa liikenteessä esimerkiksi vety ja sähköpolttoaineet voivat olla tulevaisuuden sektori-integraatiota hyödyntäviä ratkaisuja suoran sähkökäytön (akut) sijaan tai lisäksi. Samoin vesiliikenteessä voidaan vedyllä ja siitä tehdyllä ammoniakilla tai metanolilla korvata fossiilisia polttoaineita.

### 5.1.4 Sähköjärjestelmän joustavuus

Sähkön vähähiilisyyden ja kustannusten lisäksi on kaikissa olosuhteissa huolehdittava myös toimitusvarmuudesta ja luotettavuudesta. Sääriippuvaisen sähköntuotannon kasvu edellyttää erityisesti kulutusjoustoja lisääviä ratkaisuja. Sääriippuvainen tuotannon lisääntyminen aiheuttaa joustotarpeita erityisesti kylminä ja tuulettomina ajanjaksoina. Kulutusjousto parantaa järjestelmän toimitusvarmuutta, mutta myös kustannustehokkuutta, sillä se mahdollistaa sähkön keskihinnan alemman tason.

Tulevaisuuden joustotarvetta kuvaa esimerkiksi VN TEAS-selvityksen ”Hiilineutraaliustavoitteen vaikutukset sähköjärjestelmään (AFRY, 2021) älykkään sähköistyksen skenaariossa kuvattu sähkön kulutuksen muutos 6 GW tunnin aikana. Sähkön huipputehon kokonaistarve Suomessa on noin 15,1 GW kylmimpään vuodenaikaan ja huippukulutuksen aikainen markkinaehtoinen tuotantokapasiteetti on noin 10,8 GW. Näin merkittävät kysyntämuutokset edellyttävät kulutusjouston lisäämistä.

Haasteellisimpia ovat pitkät kylmät ja tuulettomat jaksot, sillä kulutusjoustoja on usein selvästi helpompaa toteuttaa lyhyellä kuin pitkällä aikavälillä. Tällaisina ajanjaksoina erittäin korkea sähkön hinta mahdollistaa säästä riippumattoman tuotannon kannattavuuden.

Dynaamisen sähköjärjestelmän ja joustojen hallinnan mahdollistavat uudet ICT-ratkaisut parempien mittaus- ja ohjausmahdollisuuksien muodossa. Tulevaisuuden järjestelmä tuottaa merkittävästi enemmän dataa järjestelmän eri tasoilta, tarjoten mahdollisuuksia uusien tekniikoiden kuten tekoälyn soveltamiseen. Erilaisten joustokohteiden tietojärjestelmien rajapinnat voivat toisaalta olla jouston toteutukselle haaste.

Jouston markkinaehtoisuus on tärkeä kysymys, sillä se mahdollistaa vapaaehtoisen, hyötyjen ja kustannusten punnintaan perustuvan jouston. Riittävän joustojen tarjonnan varmistaminen edellyttää aktiivista työtä markkinatoimijoilta, jotta hintasignaaleihin vastataan. Tämä edellyttää myös joustokykyjen huomiointia jo investointivaiheessa.

Esimerkiksi teollisuudessa jouston tulee huomioida primääriprosessin vaatimukset. Teollisuuden joustojen tunnistaminen ja hyödyntäminen edellyttävätkin aina hyvää teollisuusprosessien ja toimintaympäristöjen ymmärrystä.

Erilaisten vety- tai power-to-X-prosessien rooli joustojen lähteenä voi olla merkittäviä. Kyse on pitkälti teollisen prosessin toiminnan taloudellista optimista, sillä kannuste joustoon syntyy vain, mikäli kulutusjousto on kokonaisuutena kannattavampaa kuin prosessin jatkuva käyttö.

### 5.1.5 Päästöttömän sähköntuotannon, sähkönsiirron ja -käytön alueelliset kysymykset

Sektori-integraation edistyminen edellyttää puhtaan sähköntuotannon lisääntymistä. Suunnitteilla olevat uudet tuulivoimahankkeet sijoittuvat tyypillisesti Pohjanlahden rannikolle ja Lappiin. Myös Pohjois-Ruotsissa ja Pohjois-Norjassa sijaitsee tuulivoiman tuotannon kannalta suotuisia alueita. Alueella sijaitsee myös merkittävä määrä muuta olemassa olevaa ja suunniteltua sähköntuotantoa. Sähkönkulutus puolestaan painottuu Etelä-Suomeen. Tuulivoimantuotannon lisäämispotentiaalin toteutuksen kannalta on oleellista riittävät sähkönsiirtoyhteydet Pohjois- ja Etelä-Suomen sekä Suomen ja muiden Pohjoismaiden välillä. Itä-Suomessa tutkakysymysten ratkaisu mahdollistaisi tuulivoiman lisäämistä.

Siirtoverkkojen kapasiteetin riittävyys on tärkeää, jotta verkot mahdollistavat toimivat markkinat ja kannustavat investoimaan tuotantoon ja kulutukseen niiden oman kannattavuuden mukaan. Tavoiteltavaa on pitää Suomi jatkossakin yhtenä hinta-alueena, jolloin alueet ovat tasa-arvoisia sähkön hinnan näkökulmasta. Tästä näkökulmasta sähköjärjestelmän pitkän aikavälin suunnittelu onkin tärkeää ja samalla haastavaa: uuden tuotannon ja kulutuksen osalta on ennakoitava mihin ja milloin niitä tullaan asentamaan, millaisia niiden tuotanto- tai kulutusprofiilit ovat. Esimerkiksi teollisuuden suuren mittakaavan ratkaisut ja niissä tehtävät valinnat täyssähköistyksen ja vedyn välillä voivat olla tässä mielessä todella merkittäviä. Sähköverkon vahvistukset on suunniteltava näiden tietojen pohjalta, mikä korostaa toimivan tiedonvaihdon ja yhteistyön tärkeyttä.

Sähkön jakeluverkkojen kapasiteetin riittävyys voi muodostua haasteeksi joillakin kaupunkien keskusta-alueiden kiinteistöillä, joiden liittymät voivat olla riittämättömiä suhteessa sähköautojen latauksen aiheuttamalle sähköntarpeelle. Tämä johtuu siitä, että aiemmin sähkönkulutus on rajautunut lähinnä kiinteistösähköön.

## 5.2 Sektori-integraation edistäminen lämmitysmarkkinoilla

Hallitusohjelman mukaisesti sähkön ja lämmön tuotannon tulee olla Suomessa lähes päästötöntä 2030-luvun loppuun mennessä huolto- ja toimitusvarmuusnäkökulmat huomioiden. Hallitusohjelman mukaisesti kivihiilen energiakäyttö päättyy 2029. Lisäksi lämmityksen osalta polttoon perustumattomien uusien kaukolämmön tuotantotapojen ja varastoinnin käyttöönottoa ja pilotointia edistetään sekä kehitetään energiajärjestelmien integraatiota.

### 5.2.1 Vähähiilinen ja integroitunut lämpöjärjestelmä

Lämmitysjärjestelmien tehostamismahdollisuuksia on tutkittu viime vuosina laajasti (Liite). Kaukolämpöverkon lämpötilan laskeminen sekä lämmön varastointi on tunnistettu olennaisimmiksi keinoiksi tehostaa kaukolämpöjärjestelmien tehokkuutta. Matalampi lämpötila mahdollistaa muun muassa hukkalämpöjen paremman hyödyntämisen. Kaukolämpövarastojen avulla taas voidaan pienentää huippukattiloiden tarvetta, jonka avulla voidaan vähentää fossiilisten polttoaineiden käytön tarvetta. Lisäksi sähköön perustuvat lämmitysteknologiat voivat toimia sähköjärjestelmälle jouston lähteenä, millä on yhä suurempi merkitys sähköjärjestelmän kannalta.

Uusien rakennettavien hiilineutraalien alueiden kehittymiselle olisi hyödyllistä toteuttaa useampaan lämmitystapaan perustuvia ratkaisuja, jolloin erilämmitysjärjestelmiä voidaan käyttää mahdollisimman vähäpäästöisesti automatikkaa hyväksikäyttäen. Kaukolämmön avulla sähkön ja lämmön sektori-integraatio voidaan toteuttaa laajassa mittakaavassa ja kustannustehokkaasti. Kiertotalousajattelun mukainen lämmön kierrätys on myös järkevämpää kaupunkitasolla kaukolämpöverkon mahdollistamana.

### 5.2.2 Kaukolämpömarkkinan haasteet ja kehittämistarpeet

Kilpailu lämmitysmarkkinoilla on kiristynyt viime vuosina voimakkaasti johtuen lämmön eri tuotantomuotojen teknologisesta kehityksestä, polttoainevalikoiman suppenemisesta sekä asiakkaiden kasvavasta kiinnostuksesta omaan hiilineutraaliin tuotantoon ja kustannusten hallintaan. Erityisesti maalämpöön perustuvan lämmitysratkaisun pitkä elinkaari sekä omavarainen ja päästötön lämmöntuotanto on houkutteleva ja kustannusten näkökulmasta turvallinen vaihtoehto erilaisia lämmitystaparatkaisuja pohtivalle.

Tämän vuoksi on syytä selvittää vaihtoehtoja ja toimintatapoja, joilla lämmitysmarkkina kehittyisi siihen suuntaan, joka pystyisi joustavammin huomioimaan eri energiajärjestelmien integraation, polttoon perustumattoman uusiutuvan lämmöntuotannon, uuden

teknologian sekä hukkalämmön hyödyntämisen mahdollisimman energiatehokkaasti. Lisäksi tulisi pohtia, kuinka kaukolämmön hinnoittelu tukisi ja kannustaisi tietyissä tilanteissa myös muiden hybridiratkaisujen tuomista markkinoille.

Kaukolämpöjärjestelmät ovat Suomessa suljettuja ja hinnoittelu kiinteää, joten kaukolämpöjärjestelmien joustavuuspotentiaalia ja energijärjestelmien integraatiota ei saada nykyisellään hyödynnettyä tehokkaasti. Suomessa on energiayhtiöiden toimesta viime vuosina etsitty kilpailukykyisiä lämmön tuotanto- ja hankintatapoja ja kehitetty eri liiketoimintamalleja, kuten kaksisuuntaista ja avointa kaukolämpöä kahdenvälisin sopimuksin. Lisäksi on tutkittu matalalämpöverkkoja sekä kaukolämpöverkon lämpötilan laskemista.

### 5.2.3 Kaukolämpöasiakkaiden mitoituslämpötilan laskeminen

AFRY teki selvityksen Energiateollisuudelle kaukolämpöverkon lämpötilan laskemisen mahdollistamisesta. Kaukolämpöön liitettävien rakennusten lämmönjakokeskusten tulomitoituslämpötilana on tyypillisesti käytetty 1970-luvulta lähtien 115 °C. Selvityksessä arvioitiin tulomitoituslämpötilan alentamisen vaikutuksia asiakkaalle. Tulolämpötilan lasku kasvattaa asiakkaan lämmönjakokeskuksen lämmönsiirtimien lämmönsiirtopinta-aloja, jolla on lämmönjakokeskuksen hankintakustannusta korottava vaikutus. Selvityksessä esitetään johtopäätöksenä, että lämmönsiirtimien koon kasvu ei muodostuisi esteeksi tulomitoituslämpötilan laskemiselle.

Kaukolämpöjärjestelmälle matalista lämpötiloista on arvioitu olevan hyötyä varsinkin, uusia ja ei-polttoon perustuvia lämmönlähteitä ajatellen. Lisäksi matalat verkon lämpötilat voisivat parantaa olemassa olevan tuotannon hyötysuhdetta. Selvityksen perusteella kaukolämpöasiakkaiden mitoituslämpötilaa voitaisiin hallitusti laskea vaihtamalla seuraavassa saneeraussyklissä lämmönjakokeskukset uuden lämpötilatason mukaan mitoittaen. Siirtymä ottaisi aikaa noin 10–15 vuotta, eikä talojen toisioverkkoihin tarvitsisi koskea.

Kaukolämpöverkon lämpötilatason alentamista voi rajoittaa asiakaslaitteet tai asiakaslaitteet ja verkon siirtokapasiteetti. Nykyisten mitoituslämpötilojen käytön jatkaminen siirtää lämpötilatason pudottamisen mahdollisuuden pidemmälle tulevaisuuteen. Selvityksen perusteella mitoituslämpötilojen lasku ei aiheuta voimakasta kustannusten kasvua asiakkaalle. Joissain tapauksissa asiakkaat tekisivät säästöjä vesivirtaperusteisessa tehomaksusaan uudelleenmitoituksen ansiosta. Laajemmin tarkasteltuna laitehankintakustannus on pieni osa lämmityksen kokonaiskuluista, jolloin uudelleenmitoituksen vaikutus kokonaiskuluihin on vähäinen pitkän aikavälin yli tarkasteltuna. Kaukolämpöjärjestelmä hyötyisi tulolämpötilan laskusta. Sillä olisi nykyisen lämmöntuotannon hyötysuhdetta parantava vaikutus ja matala tulolämpötila mahdollistaisi uudet lämmönlähteet verkossa. Esimerkiksi



hukkalämpöä voisi hyödyntää entistä paremmin. Uusiutuva ja vähemmän polttotekniikkaan nojautuva kaukolämpö on teknisesti mahdollinen ja ympäristöystävällinen ratkaisu. Tämän päivän toiminnassa on hyvä ottaa huomioon tulevaisuuden näkymiä, jotta uusi ja vanha tekniikka voidaan sovittaa yhteen jatkossa.

## 5.2.4 Hukkalämpöjen hyödyntäminen

Suomessa hukkalämpöä arvioidaan syntyvän noin 130 TWh, josta nykyisin kaukolämpönä hyödynnettävän hukkalämmön määrä on noin 3 TWh. Vielä hyödynnettävissä olevan, teknisesti kohtuullisesti hyödynnettävissä olevan hukkalämmön potentiaalin arvioidaan olevan noin 35 TWh. On huomioitava, että taloudellinen potentiaali on tyypillisesti teknistä potentiaalia alempi.

Teknisestä näkökulmasta arvioiden hukkalämmön lisähyödyntämispotentiaalia löytyy teollisuudesta ja lauhdelaitoksista. Teollisuuslaitosten hyödynnettävissä olevaksi hukkalämpöpotentiaali on noin 15 TWh edellyttäen mittavia investointeja. Hukkalämpöjen hyödyntämisessä merkittävä kuluerä muodostuu siirtoverkon rakentamisesta ja lämpöpumpuista. Vielä hyödynnettävissä olevaan hukkalämmön potentiaaliin liittyy kuitenkin haasteita, esimerkiksi taloudellisen kannattavuuden tai liiketoiminnallisten riskien osalta.

Selvitetään mahdollisuutta tarkastella lämmöntuotannon näkökulmasta alueita eri tavalla ja esimerkiksi esikaupunkialueiden rakennuskohtaisten hukkalämpöjen laajamittainen hyödyntäminen lämpöpumpuilla. Uusilla alueilla tuotettaisiin alueiden omalla energialla ja mahdollistettaisiin matalalämpöverkkojen hyödyntäminen. Tätä kokonaisuutta ohjattaisiin ns. yhden luukun periaatteella.

## 5.3 Vedyn tuotanto, siirto ja käyttö

Suomen korkea päästöttömän sähkön tuotantopotentiaali, vahva teollinen pohja ja vetyteknologiaosaaminen mahdollistaa vetyratkaisuiden kaupallistumista edelläkävijänä. Vähähiilinen vety mahdollistaa teollisuusprosessien ja liikenteen päästöjen vähentämisen sekä toimii energiavarastona tukien näin energiajärjestelmää laajemmin. Suomessa vedyn valmistuksen hukkalämpöä voidaan hyödyntää lämpösektorilla.

Erityisen tärkeässä roolissa vetyratkaisuiden kehittämisessä on kansallinen vetyklusteri ja muut alan yhteistyöverkostot. Julkisen sektorin toimilla voidaan luoda edellytyksiä vetyklusterin ja muiden alan toimijoiden aloitteiden edistymiselle.

### 5.3.1 Vedyn tuotannon ja käytön yleiskuva

Vedyn tuotanto globaalilla tasolla on tällä hetkellä noin 115–120 Mt vuodessa. Tästä lähes kaikki käytetään erilaisissa teollisuusprosesseissa. Pääosa (noin 70 Mt/a) vedystä valmistetaan fossiilisista lähteistä maakaasusta tai hiilestä erillistuotantona, tai se syntyy prosessien sivutuotteena (noin 48 Mt/a). Vain pieni osa, alle 1 %, tuotetaan vähäpäästöisesti elektrolyysillä. Erillistuotettu vety on korvattavissa elektrolyysiprosessilla ja puhtaalla sähköllä. Tämä vaatisi globaalilla tasolla noin 4 000 TWh sähköä vuodessa.

Suomessa vetyä tuotetaan teollisuuden, kuten öljynjalostuksen tarpeisiin lähinnä maakaasusta. Suomessa sijaitsee myös elektrolyysiin perustuvaa vedyntuotantoa. Lisäksi vetyä syntyy eräiden teollisuusprosessien sivutuotteena. Suomessa vähäpäästöisellä vedyllä voi olla tulevaisuudessa roolia teollisuuden prosessien ja liikenteen muutoksessa vähähiiliseksi. Monimuotoiset kaasut, mm. vedyn sekoitus maakaasun sekaan, synteettinen kaasu, bio- ja kierrätysraaka-aineista tuotetut kaasut sekä puhdas vety voivat olla tukemassa energiajärjestelmien muutosta ja tuomassa ratkaisuja energiansiirto-, varastointi- ja joustotarpeisiin.

### 5.3.2 Vedyn tuotanto vähäpäästöisestä sähköstä

Vetyä voidaan tuottaa sähköstä ja vedestä elektrolyysillä. Puhtaan vedyn tuottaminen elektrolyysillä on nykyisin kalliimpaa kuin ns. harmaan vedyn tekeminen teollisuudessa höyryreformilla maakaasusta ja maksaminen päästökaupassa aiheutuneista CO<sub>2</sub>-päästöistä. Tulevaisuuden vetyratkaisuiden kasvun edellytyksenä onkin kilpailutilanteen muutos esimerkiksi kustannustehokkuuden parantumisen ja taloudellisten ohjauskeinojen, kuten päästöoikeuksien hinnan vaikuttavuuden kautta.

Vedyn ja synteettisten kaasujen tuotanto elektrolyysereillä voidaan toteuttaa joko keskitysti tai hajautetusti. Keskitetysti vedyn tuotanto voidaan toteuttaa suurissa yksiköissä esim. jalostamoilla, jossa kulutus on suurta, tai toisaalta muissa sellaisissa paikoissa, missä päästöntä sähköntuotantoa on runsaasti saatavissa ja vetyä käyttävä teollisuus on lähellä.

Hajautettujen ja keskitettyjen vaihtoehtojen teknistaloudellisuuteen vaikuttaa ennen kaikkea tuotannon sijoittuminen kaasun ja sähkön siirtoinfrastruktuuriin nähden, elektrolyysissä syntyvän lämmön hyödyntämismahdollisuudet, tuotetun vedyn arvo suhteessa fossiilisista tuotettuun vetyyn ja sähkön hinta, saatavuus ja alkuperä. Keskeistä konseptien teknistalouden kannalta on myös verotus sekä mahdollistava regulaatio. Suurissa elektrolyysiin perustuvissa vedyntuotantolaitoksissa syntyvän hapen määrä on myös merkittävä ja sen kaupallinen hyödyntäminen vaikuttaisi positiivisesti hankkeiden kannattavuuteen.

### 5.3.3 Vedynsiirto

Nykyinen maakaasun siirtoverkko ja kaasun käyttäjien prosessit ja laitteet asettavat rajoitteita vedyn osuudelle nykyisessä maakaasuverkossa ja vedyn laajamittaiseen siirtoon vedyn siirtoverkko on todennäköisesti tarpeellinen. Pienillä määrillä vedyn säiliökuljetus on kilpailukykyistä, mutta vedyn laajamittaista siirtoa varten tarvittaneen putkiverkko. Vetytalouden skaalautumisen näkökulmasta vedyn putkisiirto voi olla kustannustehokas vaihtoehto siirrettäessä energiaa suuria määriä ja pitkiä matkoja. Lisäksi vedyn siirtoinfrastruktuuri luo edellytyksiä vetymarkkinan syntymiselle mahdollistaessaan tuottajien ja kuluttajien yhdistämisen, kilpailun syntymisen sekä jopa vedyn viennin. Myös vedyn paikallisella jakelulla jakeluverkoissa, tai tankkiautoilla tai laivoilla on rooli vedyn laajamittaisessa hyödyntämisessä.

Vedyn varastoiminen ja siirtäminen vaatii materiaalilta enemmän ja on jonkin verran kalliimpaa kuin metaanin siirto. Koska vety ja varsinkin siitä valmistettavat muut polttoaineet ovat kohtalaisen helposti varastoitavia, vedyn tuotanto elektrolyysillä voi tuoda lisää joustokkyisiä resursseja sähköjärjestelmään. Tämä kuitenkin edellyttää, että joustavuus otetaan huomioon jo laitteiston investointivaiheessa.

Energiajärjestelmän jouston ja tasapainotuksen osalta power-to-X-ratkaisut ja kysyntäjousto voivat integroida kaasun- ja sähköverkoja ja toisaalta markkinoita. Sähköä voidaan varastoida kaasuna, myös pidempiaikaisena kausivarastona. Suuremmassa mittakaavassa tulee kehittää kaasun varastointia, pienemmässä mittakaavassa kaasuverkko itsessään toimii rajallisena varastona.

European Hydrogen Backbone -aloitteessa (EHB-aloite), ryhmä eurooppalaisia kaasunsiirtoverkkoyhtiötä (TSO) esittivät huhtikuussa 2021 vision 39 700 km:n vetyputkistoinfrastruktuurin kehittämisestä 21 maahan mukaan lukien Suomi. Verkosta noin 1/3 olisi uusia vetyverkoja ja 2/3 vedynsiirtoon muutettuja maakaasuverkoja. Visiossa on esitetty verkon vaiheittainen kehittyminen alkaen vuodesta 2030 päätyen laajamittaiseksi eurooppalaiseksi vetyverkoksi vuoteen 2040 mennessä. Visiossa esitetty kustannusarvio on noin 40–80 miljardia euroa. Ellei vetyä syntetisoida metaaniksi, joka vaatii talteen otettua hiilidioksidia sekä synteesisprosessin hyödyntämistä, on vetyinfran kehitys hyvin keskeisessä roolissa laajamittaisen vetytalouden kehittämisessä. Synteettistä metaania voidaan siirtää maakaasuverkoissa.

Suomessa huomioitavaa on, että merkittävät tuulivoiman tuotantoalueet sijaitsevat Länsi- ja Pohjois-Suomessa, kun taas energian kulutus painottuu Etelä-Suomeen. Pohjois-Suomessa suurteollisuus muodostaa paikallisia merkittäviä kulutuskohteita. Tulevaisuudessa tarvittaneenkin sekä kaasun että sähkönsiirtoyhteyksiä näiden tarpeiden yhdistämisessä. European Hydrogen Backbone -aloitteessa Suomen osalta visiossa on huomioitu

tuotannon ja kulutuksen sijoittuminen todennäköisesti eri alueille, sekä mahdollisuus sähkösiirtoverkon tukemiseen ja energianvientiin.

### 5.3.4 Vetyyn liittyvä EU-politiikka

Euroopan komissio on nostanut vedyn ja vetytalouden roolin keskeiseksi vähähiiliseen yhteiskuntaan siirryttäessä Euroopan tasolla. Kunnianhimoisimmissa komission ja toimialan yhdessä luomissa skenaarioissa arvioidaan vedyntuotannon tuplaantuvan vuoteen 2030 mennessä.

Pääosa kasvusta tulisi vedyn erillistuotannosta. Komissio ennakoi vetystrategiassa vedyn osuuden nousevan energiataloudessa 2%:sta 13–14 %:iin vuoteen 2050 mennessä. EU:n vetystrategia on Suomen kannalta merkittävä ja kotimainen kehitys tulee kytkeytymään EU-tason toimiin.

Suomi on yleisinä kantoinaan kannattanut uusiutuvan ja vähähiilisen vedyn käytön edistämistä uuden teknologian käyttöönoton keinoin. Suomi on myös kannattanut vähähiilisten teollisuustuotteiden tuotannon edistämistä ja todennut että toteutusvaihtoehtoja tulee selvittää tarkasti ennen uusien politiikkavälineiden käyttöönottoa tai pilotointia. Lisäksi Suomen näkökulmasta on tarpeen kehittää kestävästi tuotetusta vedystä valmistettavia, synteettisiin polttoaineisiin perustuvia teknologioita.

Vetyyn liittyvää EU-sääntelyä on odotettavissa muun muassa seuraaviin kokonaisuuksiin liittyen:

- Uusiutuvan energian direktiivin (REDII) delegoidut säädökset liittyen mm. sähkönkäytön lisäisyyteen ja kasvihuonekaasupäästövähentämisiin synteettisten polttoaineiden osalta
- Uusiutuvan energian direktiivin tarkistus (REDIII) sisältö
- Kaasumarkkinasääntely
- Energiaverodirektiivin uudistus
- Päästökauppaan liittyvä sääntely
- Tutkimus- ja ilmastorahoitus ml. taksonomia

Komission sääntelyehdotuksia julkaistaan näillä näkymin 14.7.2021 ja syksyllä 2021.

### 5.3.5 Hiilen hinnanerosopimus (Carbon Contract for Difference, Ccfd)

Komission teollisuusstrategiassa on yhteydessä Osana ehdotettua EU:n päästökauppadiirektiivin tarkistusta, tai uusiutuvan energian direktiiviin liittyvää ehdotusta, komissio aikoo ehdottaa hiilen hintaerosopimukseen ("Carbon Contracts for Difference") liittyvää lähestymistapaa. Järjestelmässä käytettäisiin mahdollisesti päästökauppajärjestelmän tuloja ja täydennettäisiin muita tukimuotoja innovaatorahastosta.

Useat teollisuudenalat toimivat globaalin kilpailun piirissä samalla kun prosessien muuttaminen vähäpäästöiseksi edellyttää suuria investointeja täysin uusiin ratkaisuihin kaupallisessa kokoluokassa. Näistä lähtökohdista radikaalit muutokset, kuten hiiliteräksen valmistuksen laajamittainen siirtäminen vetyyn perustavaksi, on haastava toimenpide nykyisessä toimintaympäristössä.

Tämän taustan pohjalta Euroopassa on eri tahojen toimesta selvitetty politiikkavaihtoehtoja vähähiilisten teollisuusprosessien edistämiseksi, muun muassa CCFD:tä ("hiilen hintaerosopimus"). CCFD voi toimia esimerkiksi siten, että kilpailullisesti määritellään päästöoikeuden hinta, jolla tietty ratkaisu on kannattava. hinnan ollessa alle tämän määritellyn rajahinnan, CCFD-mekanismi korvaisi hintojen erotuksen julkisista varoista. Instrumentti on esitetty toimen EU:n teollisuusstrategiassa. On odotettavissa, että komissio tekee ehdotuksen EU-tasoisena tai osa EU:n jäsenmaista ottaa mekanismin muodossa tai toisessa käyttöön.

## Liite 1. Sektori-integraation määrittelyä ja taustaa

### Kokonaisuutena kohti vähähiilistä ja joustavaa energiajärjestelmää

Ilmastoneutraalisuuden saavuttaminen edellyttää puhtaan energian hyödyntämistä kaikilla yhteiskunnassa. Sektori-integraatio mahdollistaa puhtaan energian käytön erilaisiin tarkoituksiin esimerkiksi teollisuudessa, lämmityksessä tai liikkumisessa. Sektori-integraatio mahdollistaa myös toimintavarman ja kustannustehokkaan energiajärjestelmän.

Sektori-integraatio on osa kehitystä, jossa energiantuotannon, -siirron ja -käytön roolit ovat murroksessa. Uudenlaisia sektoreiden, energiankantajien, infrastruktuurien ja teknologioiden välisiä linkkejä muodostuu. Kyse on pitkälti puhtaan sähkön hyödyntämisestä ja resurssitehokkuudesta yhteiskunnan vähähiilikehityksen vauhdittamiseksi. Esimerkkejä teollisesta sektori-integraatiosta ovat muun muassa uudenlaiset tavat tuottaa ja käyttää vetyä, hyödyntää hiilidioksidia tuotteiden valmistukseen sekä uudet puhtaaseen energiaan linkittyvät bio- ja kiertotalouden ratkaisut. Sektori-integraatio mahdollistaa sekä hallitusohjelman tavoitteiden edistämistä että eri toimialojen laatimien vähähiilitiekarttojen toimeenpanoa.

EU:n komissio julkaisi kesällä 2020 energiajärjestelmän integraatiota ja vetyä koskevat strategiat, jotka ovat osa vihreän kehityksen ohjelmaa. Energiajärjestelmän integraatioon ja vetyyn liittyviä lainsäädäntöehdotuksia on odotettavissa erityisesti vuoden 2021 aikana. Suomi on liittynyt Euroopan vetyallianssiin. Energiajärjestelmän integraatio ja vety ovat yleisiä teemoja myös globaalilla tasolla esimerkiksi kansainvälisten järjestöjen agendoilla.

Sektori-integraatio käsitteenä kuvaa energiajärjestelmien, -markkinoiden ja -teknologioiden uudenlaista yhteistoimintaa. Se voidaan nähdä keskeisenä keinona yhteiskunnan vähähiilisyystavoitteen kustannustehokkaassa ja toimitusvarmassa saavuttamisessa, ei päämääränä itsessään. Sektori-integraatio mahdollistaa tuuli- ja aurinkovoiman määrän merkittävän lisäämisen, kun kaasun, kaukolämmön, nestemäisten polttoaineiden ja teollisuuden tuotantoon liittyvä jousto saadaan käyttöön tasaamaan uusiutuvalle sähkölle ominaisia suuria tuotantovaihteluita. Päästötön sähkön tuotantokapasiteetti puolestaan yhdistettynä muiden energiamuotojen tuottamaan joustokapasiteettiin mahdollistaa vähähiilisyystavoitteiden saavuttamisen myös kaasun, kaukolämmön, nestemäisten polttoaineiden ja teollisuuden tuotannossa. Tämä lisää koko järjestelmän huoltovarmuutta, kun eri järjestelmät ovat osittain toistensa korvaajina. Toisaalta keskinäisriippuvuudet voivat myös aiheuttaa riskejä, jotka on tunnistettava ja hallittava.

## Suomen energiajärjestelmä hyödyntää jo nyt sektori-integraatiota monella tavalla

Suomen energiajärjestelmä hyödyntää jo monella tavalla sektori-integraatiota. Erityisesti sähkön ja lämmön integraatio on Suomessa yleistä. Kattavat kaukolämpöverkot ja kaukolämpövarastot sekä älykkäät kiinteistökohtaiset lämmitysratkaisut mahdollistavat sektori-integraatiota Suomessa.

Lämmön ja sähkön yhteistuotanto (CHP) mahdollistaa tehokkaan polttoaineiden, kuten uusiutuvien polttoaineiden, käytön. Kaukolämmön hankinnasta noin 67 % tuotettiin yhteistuotantolaitoksissa (CHP) vuonna 2019. Kaukolämmön ja sähkön yhteistuotantolaitoksissa tuotetun sähkön määrä oli vuonna 2019 noin 13 % sähkön käytöstä Suomessa. Yhteistuotantolaitoksia hyödynnetään myös teollisuudessa.

Lämpöpumput mahdollistavat sähkön energiantehokkaan hyödyntämisen energiana. Lämpöpumppuenergia 6,2 TWh vastasi noin 10 % asumisessa käytettävästä energiasta Suomessa. Kaukolämmön hankinnasta 3,8 TWh, noin 10 %, tuotettiin lämmön talteenottoon ja lämpöpumppeihin perustuen.

Sektori-integraatiota mahdollistavat kansainväliset, kansalliset ja alueelliset energiaverkot. Suomi on esimerkiksi yhtenäinen sähkön hinta-alue riittävän sähkönsiirron mahdollistavasta kantaverkosta johtuen.

## Liite 2. Keskeisimmät näköpiirissä olevat lainsäädäntöhankkeet

Liitteessä on esitetty yhteenveto sektori-integraatioon liittyvistä lainsäädäntöhankkeista (EU, kansallinen). Yhteenveto on otos.

### EU-lainsäädäntö

EU-lainsäädännön sisältö ja johdonmukaisuus jatkossa ovat keskeisessä roolissa vaikuttamassa sektori-integraatioon ja sitä edistävien investointien edellytyksiin. EU:ssa on sovittu päästötavoitteen 2030 nostamisesta 55 %:iin ja ilmastoneutraaliudesta 2050.

Komissio on antamassa lähiaikoina mm. seuraavia sektori-integraatioon liittyviä lainsäädäntöehdotuksia:

#### Q2-4/2021:

- Uusiutuvan energian direktiivin (REDII) delegoituja säädöksiä vedyn ja sähköpolttoaineiden tuotantoedellytyksiin liittyen (käytettävän sähkön lisäisyys, päästövähennemät)

#### Q2/2021:

- Taksonomia: Delegoitu säädös teknisistä tarkastuskriteereistä (liitteet 1 ja 2 koskien ilmastomuutoksen hillintää ja sopeutumista) koskevat uusiutuvan energian muotoja, energiatehokkuutta, teollisuustuotteiden valmistusta, innovaatioita ja teknologioita. Erillisiä määritelmiä esimerkiksi lämpöpumpuille ja vedylle.

#### Q3/2021:

- Päästökauppalainsäädännön tarkistaminen (ml. meriliikenne, lentoliikenne), taakanjako ja LULUCF. Vaikutukset käytettäviin toimenpiteisiin, päästöjen vähentämisen kustannuksiin, kannusteisiin
- Hiilirajamekanismi (CBAM). Riippuen soveltamisesta vaikutukset voivat olla merkittäviä koskien tiettyjä tuotteita, teknologioita tai energiamuotoja.
- Energiaverodirektiivin tarkistaminen. Energiaverotuksen rakenne ja vetyyn liittyvät verokysymykset



- Energialainsäädännön (RED, EED) tarkistaminen. Edellytykset mm. uusiutuvien polttoaineiden ja vetyratkaisuiden edistämiseksi.
- Liikennelainsäädäntö (vaihtoehtoisten käyttövoimien infrastruktuuri, vaihtoehtoisten polttoaineiden edistäminen lentoliikenteessä ja merenkulussa sekä ajoneuvojen päästöraajat). Mahdollisuudet edistää uusiutuvien polttoaineiden ja biokaasun käyttöönottoa, niihin liittyvää jakeluinfrastuktuuria sekä kaasuautoilua.

#### Q4/2021:

- Rakennusten energiatehokkuuden tarkistaminen (EPBD)
- Älykkäiden ja integroitujen energiaratkaisuiden edistäminen rakennuksissa.
- Kolmannen kaasupaketin (direktiivi 2009/73 / EU ja asetus 715/2009 / EU) tarkistaminen sääntelemään vähähiilisten kaasujen markkinoita
- Vedyn ja muiden vähähiilisten kaasujen markkinasäätely.

#### Kansallinen lainsäädäntö

- Parhaillaan muutoksessa oleva energialainsäädäntö liittyy monella tavalla EU:n puhtaan energian paketin sisältämän (mm. sähkömarkkinoihin, uusiutuvaan energiaan ja energiatehokkuuteen liittyen) lainsäädännön toimeenpanoon. Esimerkkejä (otos) viime aikoina voimaantulleista tai valmisteilla olevasta lainsäädännöstä:
- Valtioneuvoston asetus sähköntoimitusten selvityksestä ja mittauksesta annetun valtioneuvoston asetuksen muuttamisesta liittyen mm. energia-yhteisöihin, varttitaseeseen (energiayhteisöihin liittyvät muutokset voimaan 1.1.2021)
- Laki biopolttoaineiden käytön edistamisestä liikenteessä liittyen mm. biokaasun ja sähköpolttoaineiden sisällyttämisen jakeluvetoisuuteen, voimaan mahdollisesti 30.6.2021
- Laki energiatehokkuuslain ja eräiden muiden lakien muuttamisesta liittyen mm. käyttöveden käytön mittaamiseen ja laskutuksen
- Lisäksi ydinenergialainsäädäntöön liittyvää uudistamistyötä vireillä
- Sähkön siirron hintoja koskeva lakiesitys eduskunnan käsittelyssä
- Teollisuuden sähköistymistuki valmistelussa.

## Liite 3. Eräiden hankkeiden ja selvitysten liittyminen sektori-integraatioon

Viime aikoina on valmistunut tai parhaillaan on valmisteilla useita asiakirjoja ja päästöksiä, jotka liittyvä sektori-integraatioon. Alla on esitetty otos.

### Puoliväliriihen linjaukset

Puoliväliriihessä (4/2021) linjattiin mm. seuraavista sektori-integraatioon liittyvistä toimista (otos):

- Ilmastotoimien toimeenpanoa vauhditetaan kestävä kasvun ohjelmalla, oikeudenmukaisen siirtymän rahastolla ja kehys- ja budjettipäätöksillä sekä ilmastorahastolla.
- Selvitetään kaukolämpöverkkoon lämpöä tuottavien sähkökattiloiden ja niiden yhteydessä olevien vastusten siirtämistä sähköveroluokkaan II osana lämpöpumppujen veroratkaisua.
- Käynnistetään selvitys vihreän siirtymän aiheuttamista osaamistarpeiden muutoksista
- Käynnistetään toimia lupakäsittelyiden nopeuttamiseksi ja prosessin ennakoitavuuden lisäämiseksi hakijan näkökulmasta.
- Otetaan käyttöön energiantensiivisten yritysten sähköistämistuki, joka kannustaa entistä tehokkaammin hiilineutraaliin tuotantoon, energiantensiivisten yritysten sähköistämiseen ja joka huomioi kustannuskilpailukyvn.
- Kasvatetaan TKI-rahoitusta ja kohdistetaan sitä enenevässä määrin ilmastomuutokseen liittyvien ratkaisujen kehittämiseen ja soveltamiseen TKI-tiekartan puitteissa. Toteutetaan teollisuuden vähähiilitiekarttoja ja päivitetään niitä mm. ilmasto- ja energiastrategiaa varten.
- Luodaan kansallinen ja myös EU-tason suunnitelma ja teollisuutta tukevat taloudelliset kannustimet hiilen teknisten nielujen (CCS/CCU) kehittämiseksi.
- Jatketaan sähkö- ja kaasujärjestelmän integroimista yli rajojen. Energiaverkkoja kehitetään markkinoiden tehokkaan toiminnan ja sektori-integraation mahdollistavana alustana. Huolehditaan, että on olemassa riittävät kannusteet energian varastoinnille, kysyntäjoustolle ja energiatehokkuudelle. Toimitusvarmuutta varmistetaan yhteistyössä EU-naapureiden kanssa.
- Kaikkia päästöttömiä energiantuotantomuotoja kehitetään Suomen energiantuotannossa. Rahoituksen ehdoissa ja kohdentamisessa pyritään järjestelmän kokonaisuuden kilpailukykyiseen kehittämiseen.

## Energiaverotuksen uudistamista selvittävä työryhmä 2019–2020

Työryhmä ehdotti muun muassa, että teollisuuden, konesalien ja kasvihuoneiden sähköveroluokka II alennettaisiin EU:n vähimmäistasolle ja energiantensiivisen teollisuuden energiaveronpalautuksesta luovuttaisiin. Molemmat toimet toteutettaisiin asteittain 2021–2024. Sähköveroluokkaan II siirrettävien, kaukolämpöverkkoon lämpöä tuottavien lämpöpumppujen ja konesalien osalta jatketaan erikseen selvitystä siten, että se saadaan valmiiksi alkuvuodesta 2021. Työryhmä ehdotti ympäristöohjauksen säilyttämiseksi ja verotulojen ylläpitämiseksi energiaverotasojen säännönmukaisia tarkistuksia.

## Fossiilittoman liikenteen tiekartta, valtioneuvoston periaatepäätös

Uudet käyttövoimat edistävät sektori-integraatiota. Tiekartta sisältää linjauksia esimerkiksi jakeluvetoisuuden ja jakeluinfrastruktuurin tukeen liittyen.

## Akkustrategia 2025

Akut ja energianvarastointi ovat oleellinen osa sektori-integraatiota. Akkustrategian toimeenpano edistää myös sektori-integraatiota.

## Kiertotalouden strateginen ohjelma

Kiertotalouden strateginen ohjelma edistää mm. uusien teknologioiden käyttöönottoa. Esimerkiksi hukkalämpöjen hyödyntämisen voidaan katsoa olevan kiertotalouden periaatteiden mukainen energiaratkaisu.

## Otos eräistä oleellisista hyödynnetyistä selvityksistä

### Sähköistyminen ja vety

- VN TEAS -hankkeiden raportit: Hiilineutraliustavoitteen vaikutukset sähköjärjestelmään ja vetytalous – mahdollisuudet ja rajoitteet (hanke on kesken)
- Kansallinen vetytiekartta (VTT 2020)
- Fingrid, Gasgrid, H2backbone verkkovisiot (2021)

### Lämmitys

- Kaukolämmön menolämpötilan optimointi, Energiateollisuus ry 2021
- Kaukolämpöasiakkaiden mitoituslämpötilan laskeminen, AFRY 2020
- Hukkalämpö kaukolämpöjärjestelmissä, VTT 2020

- EED mukainen selvitys hukkalämmön potentiaalista ja kustannushyötyanalyysi tehokkaasta lämmityksestä AFRY 2020
- Selvitys uusiutuvista lähteistä peräisin olevaan energiaan liittyvästä potentiaalista sekä hukkalämmöstä lämmityksessä ja jäähdytyksessä, AFRY 2020
- Kaksisuuntaisen kaukolämmön liiketoimintamallit, Pöyry 2018
- Kolmansien osapuolien pääsy kaukolämpöverkkoon, Pöyry 2017
- Keskustelupaperi: Kaukolämpöverkkojen avaamisen mahdollisuuksia ja haasteita, Energiateollisuus
- Kaukolämmön menoveden lämpötilan taloudellinen optimointi, LUT 2018

Lisäksi on hyödynnetty mm. rakennuksiin, joustoihin ja osaamiseen liittyviä selvityksiä.

## Liite 4. Kuvaus sektori-integraatiotyöryhmästä

Työ- ja elinkeinoministeriö perusti kesällä 2020 työryhmän etsimään keinoja energia-alan sektori-integraation edistämiseksi. Työryhmä toimikaudeksi asetettiin 1.8.2020–30.6.2021. Sen tulee luovuttaa väliraporttinsa 1.2.2021 ja loppuraportti 30.6.2021. Työryhmä kokoon-tui ennen loppuraportin luovuttamista kaksitoista kertaa.

Työryhmän työssä pyritään selvittämään mahdollisuuksia ja haasteita sektori-integraatiolle sekä toimenpidevaihtoehtoja sektori-integraation edistämiseksi. Työryhmä arvioi myös mahdollisuudet edistää vetytaloutta ja sähköstä tuotteiksi -ratkaisuja (ns. Power-to-X). Sen tulee ottaa työssään huomioon sektori-integraation ja vetytalouden kehitys EU:ssa.

Työryhmän esittämien toimien tulee edistää hallitusohjelman mukaista tavoitetta saavut-taa ilmastoneutraalius Suomessa 2035 mennessä sekä parantaa Suomen kilpailukykyä. Työryhmän esittämillä toimenpiteillä pyritään myös tukemaan eri toimialojen laatimien vähähiilitiekarttojen toteutumista. Toimeksiannon mukaisesti asiantuntijaryhmien työssä tuli erityisesti huomioida eri teollisuudenalojen vähähiilitiekartat ja tarvittaessa kuulla tie-karttojen tekijöitä.

Työryhmän yhteyteen kutsuttiin alkuvaiheessa kolme asiantuntijaryhmää, joiden jäsenenä ovat keskeiset sidosryhmät. Asiantuntijaryhmät olivat 1) energiajärjestelmien integraatio, 2) sektori-integraatio teollisuudessa ja 3) sektori-integraatio kaupungeissa ja alueilla. Asiantuntijaryhmien tuli kuulla sektori-integraatioon erikoistuneita yrityksiä ja muita kes-keisiä organisaatioita. Väliraportin luovuttamisen jälkeen asiantuntijaryhmien jäsenet osal-listuivat sektori-integraatiotyöryhmän kokouksiin pysyvinä asiantuntijoina.

Väliraportin yhteenveto laadittiin sektori-integraatiotyöryhmän toimesta asiantuntijaryh-mien työhön perustuen. Väliraportin osat I-III sisältävät tiivistävät asiantuntijaryhmissä esi-teltyjen materiaalien, käytyjen keskustelujen ja tausta-aineistojen sisältöä. Loppuraportti laadittiin väliraportin, työryhmän ja sen asiantuntijoiden tunnistamien asioiden ja käytet-tävissä olleiden taustatietojen perusteella.

## **Sektori-Integraatiotyöryhmän kokoonpano 1.8.2020–18.2.2021**

### **Puheenjohtaja**

Juho Kortenieniemi, työ- ja elinkeinoministeriö

### **Varapuheenjohtaja**

Elina Hautakangas, työ- ja elinkeinoministeriö

### **Jäsenet**

Tatu Pahkala, työ- ja elinkeinoministeriö

Petri Hirvonen, työ- ja elinkeinoministeriö

Jyrki Alkio, työ- ja elinkeinoministeriö

Riikka Siljander, ympäristöministeriö, varajäsen Pekka Kalliomäki, ympäristöministeriö

Johanna von Knorring, valtionvarainministeriö

Maria Hyvönen, liikenne- ja viestintäministeriö

Heikki Granholm, maa- ja metsätalousministeriö, varajäsen Tatu Liimatainen, maa- ja metsätalousministeriö

### **Asiantuntijasihteeri**

Kari Mäki, Teknologian Tutkimuskeskus VTT Oy

## **Sektori-integraatiotyöryhmän kokoonpano 19.2.2021–30.6.2021**

### **Puheenjohtaja**

Juho Kortenieniemi, työ- ja elinkeinoministeriö

### **Jäsenet**

Tatu Pahkala, työ- ja elinkeinoministeriö

Petri Hirvonen, työ- ja elinkeinoministeriö

Kanerva Sunila, työ- ja elinkeinoministeriö

Timo Ritonummi, työ- ja elinkeinoministeriö

Annukka Saari, työ- ja elinkeinoministeriö

Jyrki Alkio, työ- ja elinkeinoministeriö

Tuuli Ojala, liikenne- ja viestintäministeriö

Johannes Lounasheimo, ympäristöministeriö, varalla Pekka Kalliomäki, ympäristöministeriö

Johanna von Knorring-Rosenlew, valtiovarainministeriö

Heikki Granholm, maa- ja metsätalousministeriö, varalla Tatu Liimatainen maa- ja metsätalousministeriö

### **Asiantuntijasihteeri**

Kari Mäki, Teknologian Tutkimuskeskus VTT Oy

## Asiantuntijoiden osallistuminen työhön

Syksyllä 2020 sektori-integraatiotyöryhmän yhteydessä kokoontui asiantuntijaryhmiä. Asiantuntijaryhmiin nimettiin alla mainitut henkilöt. Lisäksi kokouksiin osallistui erikseen kutsuttuja asiantuntijoita. Keväällä 2021 asiantuntijaryhmiin kutsutut tahot osallistuivat työryhmän työhön pysyvinä asiantuntijoina. Sektori-integraatiotyöryhmä kuuli asiantuntijoita asiantuntijaryhmien jäsenorganisaatioista.

## Energiajärjestelmien integraatio -asiantuntijaryhmä

### Puheenjohtaja

Tatu Pahkala työ- ja elinkeinoministeriö

### Sihteeri

Timo Partanen Energiavirasto

### Varsinaiset jäsenet

Heini Tirri-Kokkonen Huoltovarmuuskeskus

Jussi Matilainen Fingrid Oyj

Sara Kärki Gasgrid Finland Oy

Petteri Haveri Energiateollisuus ry

Martti Kähkö Teknologiateollisuus ry

Sami Nikander Kemiateollisuus ry

Tuomas Tikka Metsäteollisuus ry

Lauri Muranen SAK

Asiantuntijaryhmä kokoontui viisi kertaa kuuli ulkopuolisina asiantuntijoina seuraavat henkilöt:

Jari Ihonen/VTT

Tiina Koljonen/VTT

Jukka Räsänen/Neste

Nikita Semkin/Afry

Janne Rauhamäki/Helen

Anne Larilahti, Pasi Keski-Karhu/Finnair

Esa Kurkela/VTT

Kalle Patomeri ja Matias Siponen/Vantaan energia

Gregor Pett/Uniper

## Sektori-integraatio teollisuudessa -asiantuntijaryhmä

### **Puheenjohtaja**

Juho Korteniemi, työ- ja elinkeinoministeriö

### **Asiantuntijasihteeri**

Kari Mäki, VTT

### **Jäsenet**

Helena Saren, Business Finland

Matti Kahra, EK

Jukka Makkonen, Energiateollisuus ry

Helena Soimakallio, Teknologiateollisuus ry

Harri Leppänen, SSAB/Metallinjalostajat

Rasmus Pinomaa, Kemiateollisuus ry

Tuomas Tikka, Metsäteollisuus ry

Pasi Kuokkanen, ELFI

Anssi Kainulainen, MTK

Timo Vihavainen, Energiavirasto

Tomi Kiuru, Motiva

Antti Malste, Teollisuusliitto

Sara Kärki, Gas Grid Finland Oy

Timo Ritonummi, työ- ja elinkeinoministeriö

Tuula Savola, työ- ja elinkeinoministeriö

Jyrki Alkio, työ- ja elinkeinoministeriö

Asiantuntijaryhmä kokoontui seitsemän kertaa ja kuuli seuraavat henkilöt:

Pia Salokoski, Clic Innovation

Ilkka Hannula, VTT

Jarmo Partanen, LUT

Helena Saren, BF

Jyrki Alkio, työ- ja elinkeinoministeriö

Mika Aho, ST1

Jukka Räsänen, Neste

Staffan Sandblom, Fortum

Sebastian Johansen, Fortum

Saara Kujala, Wärtsilä

Kalle Patomeri, Vantaan Energia

Mikko Paloneva, työ- ja elinkeinoministeriö

Tero Kuusi, ETLA

Oliver Sartor, Agora Energiewende



Kimmo Järvinen, Teknologiateollisuus ry/Suomen Metallinjalostajat  
Harri Leppänen, SSAB  
Mia Nores, Outokumpu  
Jouni Keronen, Climate Leadership Coalition  
Leo Parkkonen, valtionvarainministeriö  
Johanna von Knorring-Rosenlew, valtionvarainministeriö  
Sara Kärki, Gasgrid Finland Oy  
Jussi Matilainen, Fingrid Oyj  
Mikko Halonen, SOK  
Jenni Patronen, AFRY

### **Sektori-integraatio kaupungeissa ja alueilla -asiantuntijaryhmä**

#### **Puheenjohtaja**

Petri Hirvonen, työ- ja elinkeinoministeriö

#### **Asiantuntijasihteeri**

Anna Sahiluoma, Motiva

#### **Jäsenet**

Outi Vilen, työ- ja elinkeinoministeriö  
Pia Kotro, työ- ja elinkeinoministeriö  
Pekka Kalliomäki, ympäristöministeriö  
Tiina Sekki, Energiavirasto  
Päivi Laitila, Motiva  
Janne Tähtikunnas, Omakotiliitto  
Petri Pylsy, Suomen Kiinteistöliitto  
Vesa Peltola, Kuntaliitto  
Sirpa Leino, Energiateollisuus  
Jussi Hirvonen, Suomen Lämpöpumppuyhdistys  
Tapio Tuomi, Suomen Lähienergialiitto  
Pekka Vuorinen, Rakennusteollisuus  
Mikko Somersalmi, RAKLI  
Tiina Rytty, Ammattiliitto PRO  
Asiantuntijaryhmä kokoontui seitsemän kertaa ja kuuli seuraavat henkilöt:  
Robert Weiss, VTT  
Rauli Partanen, Think Atom;  
Armi Temmes, Smart Energy Transition –hanke  
Janne Kerttula, Energiateollisuus  
Timo Piispa, Fortum  
Eero Puurunen ja Nicholas Stewart, Sitowise

Berndt Schalin, Flexens  
Marita Laukkanen, VATT  
Tuomo Niemelä, Granlund  
Markus Anderssen, Naps Solar  
Eva Heiskanen, Kuluttajatutkimuslaitos  
Jyrki Kauppinen, ympäristöministeriö  
Tatu Pahkala, työ- ja elinkeinoministeriö  
Aki Toivanen, Vanguard Consulting  
Jukka Aho, Leanheat  
Veikka Pirhonen, Vibeco  
Pirkko Harsia, TTY  
Marja Ola, Kaupan liitto  
Antti Kokkonen, Kesko  
Matti Loukkola, SOK  
Simo Siitonen, LIDL  
Ville Väre, Virta Ltd  
Atro Andersson, liikenne- ja viestintäministeriö

# Sektori-integraatiotyöryhmän loppuraportti

Sektori-integraatio kuvaa lisääntyvän päästöttömän energiantuotannon mahdollistamaa ja edellyttämää kehitystä, missä energiaa siirretään, käytetään ja muunnetaan toiseksi uudella tavalla.

Sektori-integraatiotyöryhmä toimi 1.8.2020–30.6.2021. Työryhmän tulokset on tiivistetty toimenpide-ehdotuksiin ja toimintaympäristöön liittyviin linjauksiin.

Verkkojulkaisu  
ISSN 1797-3562  
ISBN 978-952-327-697-0

Sähköinen versio: [julkaisut.valtioneuvosto.fi](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi)  
Julkaisumyynti: [vnjulkaisumyynti.fi](https://vnjulkaisumyynti.fi)